Patrícia Isabel da Conceição Antunes
Licenciatura em Engenharia Alimentar

Aplicação do método da capacidade de retenção de solventes na determinação da qualidade de farinhas panificáveis

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Maria Paula Amaro de Castilho Duarte,
Professora Auxiliar, FCT/UNL
Co-orientador: Clarisse Alexandra Henriques, Engenheira,
Cerealis Moagens

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Benilde Simões Mendes

Arguente: Prof. Doutor Paulo Renato da Costa Figueiredo

Vogal: Prof. Doutora Maria Paula Amaro de Castilho Duarte

Aplicação do método da capacidade de retenção de solventes na determinação da qualidade de farinhas panificáveis

Dedico esta dissertação,

À minha filha Rafaela.

Agradecimentos

Esta dissertação não é apenas resultado de um empenho individual, mas sim de um conjunto de esforços que o tornaram possível e sem os quais teria sido muito mais difícil chegar ao fim desta etapa, que representa um importante marco na minha vida pessoal e profissional. Desta forma, manifesto a minha gratidão a todos os que estiveram presentes nos momentos de angústia, de ansiedade, de insegurança, de exaustão e por fim de enorme satisfação.

À minha filha Rafaela, a quem dedico em especial este trabalho, que embora pequena em idade foi grande em pensamento, soube sempre apoiar e compreender as minhas dificuldades e ausências.

Aos meus pais José e Isaura, sem eles esta etapa jamais teria sido concluída, agradeço o amor incondicional e o apoio total em todos os momentos desta minha caminhada.

À minha irmã Carla e à minha sobrinha Rita agradeço pelo amor e carinho que sempre me transmitiram e pelas palavras de encorajamento.

Ao Paulo agradeço pela força transmitida, pela paciência e pelo amor demonstrado em todo o caminho que já percorremos juntos. Agradecer-te não é um gesto que se põe em papel, mas algo que se partilha ao longo da vida.

Aos meus avós que já partiram mas continuam sempre no meu coração, Clara, António, Barbara e Francisco, pelo excelente exemplo de vida que me deixaram.

À Elisete Ascenso, agradeço a preciosa ajuda e as palavras de apoio e carinho que teve nos momentos de ansiedade e desânimo.

À minha orientadora, Professora Doutora Maria Paula Duarte, agradeço pela disponibilidade, colaboração, conhecimentos transmitidos e capacidade de estímulo ao longo deste trabalho.

Às minhas colegas de mestrado, Inês, Débora, Tatiana e Andreia, agradeço a força e a amizade que sempre existiu ao longo deste percurso.

À coordenadora do Mestrado de Tecnologia e Segurança Alimentar, Professora Doutora Benilde Mendes, agradeço a oportunidade e o privilégio que tive em frequentar este Mestrado que muito contribuiu para o enriquecimento da minha formação académica e científica.

À Celeste Azevedo, Daniel Fernandes, colegas da Cerealis, o meu agradecimento pela vossa amizade, companheirismo e ajuda.

Ao Engenheiro Renato Vaz, Consultor da Cerealis, o meu sincero agradecimento pelo profissionalismo, sincera amizade e total disponibilidade que sempre revelou. O seu apoio foi determinante na elaboração desta Dissertação.

Aos Administradores e Chefias da Direção da Qualidade da Cerealis, manifesto apreço pela possibilidade de realização do presente trabalho e pelos meios colocados à disposição.

Resumo

A caracterização do trigo através de parâmetros estruturais, de processamento e de composição química, permite antecipar a sua aptidão tecnológica. As análises físico-químicas e reológicas aplicadas à farinha permitem avaliar e predizer o seu comportamento no processo de panificação.

Foram estudados dois tipos de farinha de trigo a nível físico-químico, tendo-se determinado a humidade, cinza, proteína, glúten (húmido e seco) e capacidade de retenção de solventes, e a nível reológico, tendo-se realizado as avaliações alveográficas e farinográficas.

Pretendeu-se aplicar o método da capacidade de retenção de solventes, que mede a capacidade de retenção de cada um de quatro solventes (água e soluções de ácido láctico, carbonato de sódio e sacarose) após centrifugação para determinação da qualidade das farinhas destinadas a produtos de panificação.

Na farinha T65P2 verificou-se uma forte correlação entre a capacidade de retenção de solventes do ácido láctico e a extensibilidade, e entre a capacidade de retenção de solventes da sacarose e a absorção obtida no ensaio farinográfico. Para a farinha T65P3 verificou-se uma correlação forte entre a capacidade de retenção de solventes da água e o teor em cinza.

O método de capacidade de retenção de solventes tem um potencial de aplicação que merece ser estudado no sentido de melhorar a predição científica sobre a aptidão dos trigos e as características panificáveis de farinhas de trigo.

Palavras-chave: capacidade retenção de solventes; trigo mole; panificação; qualidade**.**

Abstract

The characterization of structural, processing and chemical parameters of wheat allows the anticipation of its technological capability. The application of physicochemical and rheological analysis to flour allows the prediction of its behaviour in the bread making process.

Two types of wheat flour were studied in terms of physicochemical analysis, comprising the evaluation of humidity, ash content, protein content, gluten content (dried and wet) and solvent retention capacity; and in terms of rheological analysis, with the evaluation of alveographic and farinographic parameters.

The solvent retention capacity method, that measures the retention capacity of each of four solvents by flour after centrifugation, was applied to two distinct flours in this work.

In flour type T65P2 strong correlations were verified between the retention capacity of lactic acid and the extensibility and between retention capacity of sucrose and farinographic absorption. In flour type T65P3 a strong correlation was observed between the retention capacity of water and ash content.

The solvent retention capacity method has a potential of application that deserves to be studied in order to improve the scientific prediction methods of wheat capability and wheat flour bread making characteristics.

Keywords: solvent retention capacity; wheat; baking; quality.

Índice geral

Agradecimentos IV
Resumo V
Abstract VI
Índice geral VII
Índice de figuras IX
Índice de quadros IX
Índice de equações IXI
Simbologia e notações XII
1.Revisão bibliográfica 1
1.1 Introdução 2
1.2 Identificação da empresa 3
1.3 O trigo 5
1.3.1 Classificação 5
1.3.2 Estrutura do grão de trigo 5
1.4 Processo de fabrico da farinha de trigo 6
1.5 A farinha 9
1.5.1 Principais constituintes da farinha de trigo 9
1.5.1.1 Amido 9
1.5.1.2 Proteínas 12
1.5.1.3 Constituintes minoritários 14
1.5.1.3.1 Lípidos 14
1.5.1.3.2 Minerais e vitaminas 14
1.5.1.3.3 Polissacarídeos não amiláceos 15
1.6 Processo de panificação 16
1.7 Principais métodos de avaliação da qualidade do trigo e da farinha 17
1.7.1 Métodos reológicos 17
1.7.1.1 Ensaio alveográfico 17
1.7.1.2 Ensaio farinográfico 18
1.7.2 Métodos físico-químicos 19
1.7.2.1 Determinação do peso do hectolitro 19
1.7.2.2 Determinação da granulometria 20
1.7.2.3 Determinação do teor de humidade 20
1.7.2.4 Determinação do teor de cinza 20
1.7.2.5 Índice de queda 21
1.7.2.6 Determinação do teor de glúten 21
1.7.2.7 Determinação da proteína 21
1.7.2.8 Determinação da acidez 23
1.7.2.9 Índice de sedimentação - Zeleny 23
1.7.2.10 Determinação do amido danificado 24

1.7.2.11 Determinação da capacidade de retenção de solvente (CRS) 24
2. Materiais e Métodos 26
2.1 Amostras 27
2.2 Caraterização físico-química.....27
2.2.1 Teor de humidade..... 27
2.2.2 Teor de cinzas..... 27
2.2.3 Teor de glúten húmido e seco 28
2.2.4 Determinação da proteína 28
2.2.5 Determinação da capacidade de retenção de solventes..... 28
2.3 Caraterização reológica 29
2.3.1 Ensaio alveográfico 29
2.3.2 Ensaio farinográfico..... 29
2.4 Análise Estatística.....30
3. Resultados e Discussão.....31
3.1. Resultados das análises 32
3.1.1. Parâmetros fisico-quimicos 32
3.1.2. Parâmetros reológicos 32
3.2. Coeficientes de correlação 32
3.3. Análise de variância.....43
4. Conclusão.....45
5. Bibliografia.....47
6. Anexos.....54

Índice de figuras

Figura 1.1 Relação das participações sociais no grupo Cerealis 3
Figura 1.2 Centros de produção da Cerealis Moagens 4
Figura 1.3 Anatomia de um grão de trigo.....6
Figura 1.4 Exemplo de fluxograma da produção de farinhas de trigo 8
Figura 1.5 Estrutura molecular da amilose (a) e da amilopectina (b) 10
Figura 1.6 Representação esquemática da glutenina, gliadina e glúten 13
Figura 1.7 Estrutura molecular do arabinoxilano 15
Figura 1.8 Exemplo do gráfico obtido num ensaio alveográfico. 18
Figura 1.9 Representação gráfica de um farinograma. 19
Figura 1.10 Tubos com solventes e amostra de farinha após centrifugação. 25
Figura 3.1 Humidade determinada em estufa para as farinhas T65P2 e T65P3. 32
Figura 3.2 Cinza determinada em mufla para as farinhas T65P2 e T65P3.....32
Figura 3.3 Glúten húmido para as farinhas T65P2 e T65P3. 32
Figura 3.4 Glúten seco para as farinhas T65P2 e T65P3.....32
Figura 3.5 Proteína determinada pelo NIR das farinhas T65P2 e T65P3. 32
Figura 3.6 Capacidade retenção de solvente do ácido láctico das farinhas T65P2 e T65P3.. 32
Figura 3.7 Capacidade retenção de solvente do carbonato de sódio das farinhas T65P2 e T65P3. 32
Figura 3.8 Capacidade de retenção de solvente da sacarose das farinhas T65P2 e T65P3.. 32
Figura 3.9 Capacidade de retenção de solvente da água das farinhas T65P2 e T65P3.. 32
Figura 3.10 Força da massa das farinhas T65P2 e T65P3.. 32
Figura 3.11 Relação entre a tenacidade e a extensibilidade das farinhas T65P2 e T65P3. 34
Figura 3.12 Tenacidade das farinhas T65P2 e T65P3. 34
Figura 3.13 Extensibilidade das farinhas T65P2 e T65P3.....34
Figura 3.14 Índice de elasticidade das farinhas T65P2 e T65P3. 35
Figura 3.15 Absorção farinográfica das farinhas T65P2 e T65P3.. 35
Figura 3.16 Tempo de desenvolvimento das farinhas T65P2 e T65P3.....35
Figura 3.17 Tempo de estabilidade das farinhas T65P2 e T65P3.....35
Figura 3.18 Enfraquecimento da massa das farinhas T65P2 e T65P3. 36
Figura 3.19 Diagrama de caixa 35
Figura 3.20 Diagrama de caixa dos parametros analisados na farinha T65 P2. 38
Figura 3.21 Diagrama de caixa dos parametros analisados na farinha T65 P3. 38

Índice de quadros

Quadro 1.1 Parâmetros de qualidade e limites de cumprimento legal para as farinhas de trigo mole. 9
Quadro 1.2 Características das proteínas formadoras da massa 13
Quadro 1.3 Conteúdo de azoto na proteína bruta de alguns alimentos 22
Quadro 1.4 Classificação dos trigos de acordo com o índice de sedimentação 24
Quadro 1.5 Capacidade de retenção de água dos principais componentes da farinha após temperatura de gelatinização. 25
Quadro 3.1 Matrix de correlação da farinha T65P2 40
Quadro 3.2 Matrix de correlação da farinha T65P3 41
Quadro 3.3 Correlações positivas e negativas entre os parâmetros analisados na farinha T65 P2 42
Quadro 3.4 Correlações positivas e negativas entre os parâmetros analisados na farinha T65 P3 42
Quadro 3.5 Valores de F e F crítico dos parâmetros analisados 44

Índice de equações

Equação 1 27
Equação 2 27
Equação 3 28
Equação 4 28
Equação 5 29
Equação 6 30

Simbologia e notações

Unidades:

cm	centímetro
hL	hectolitro
kg	quilograma
L	litro
mL	mililitro
min	minutos
seg	segundos

Abreviaturas:

AACC	American association cereal of chemists
Abs	Absorção
AL	Ácido láctico
APCER	Associação Portuguesa de Certificação
C	Cinza
CRS	Capacidade retenção de solventes
CS	Carbonato de sódio
Enf	Enfraquecimento
G	Glúten
H	Humidade
Ie	Índice de elasticidade
ISO	International Organization for Standardization
L	Extensibilidade
NP	Norma Portuguesa
P	Tenacidade
Pr	Proteína
Sac	Sacarose
TD	Tempo de desenvolvimento
TE	Tempo de estabilidade
UF	Unidades farinográficas
W	Força da massa

1.Revisão bibliográfica

1.1 Introdução

A farinha de trigo possui variadas aplicações na indústria alimentar, apresentando um importante papel no aspeto económico e nutricional da alimentação humana.

Existe uma forte relação entre a qualidade do trigo e a qualidade de farinha moída. A composição química do grão de trigo afeta as características funcionais e tecnológicas e, juntamente com as propriedades estruturais, define a qualidade da farinha de trigo mole.

Os parâmetros de qualidade da farinha variam se a mesma for destinada à panificação, produção de massas, de bolos ou biscoitos. As características tecnológicas da farinha de trigo, como uma elevada capacidade de absorção de água, coloração clara, boa tolerância ao amassamento, são parâmetros de qualidade desejáveis no processo de panificação (Rossi e Neves, 2004). Os critérios de qualidade do trigo e da farinha têm evoluído continuamente em resposta aos avanços tecnológicos quer na moagem do trigo quer no seu processamento secundário (Marchylo *et al*., 2001).

O objetivo geral deste trabalho foi o de comparar dois tipos de farinhas com características panificáveis usando o método da capacidade de retenção de solventes (CRS), tal como foi desenvolvido em 1994 por Slade e Levine, e, posteriormente, adaptado em método internacionalmente aceite pela American Association of Cereal Chemists (AACC). O método AACC 56-11 permite avaliar a capacidade de retenção de quatro solventes na farinha (água, solução de sacarose a 50%, solução de carbonato de sódio a 5%, e solução de ácido láctico a 5%), após centrifugação.

Como objetivos específicos apresentam-se os seguintes:

- Relacionar métodos de determinação de parâmetros de qualidade de farinhas panificáveis, habitualmente usados com o método CRS;

- Verificar de que forma os parâmetros individuais de qualidade teoricamente determinados pelo método CRS se relacionam com os parâmetros de qualidade determinados pelos métodos habitualmente usados.

Se estas relações puderem ser efetivamente estabelecidas tornar-se-á mais fácil e expedito individualizar parâmetros de qualidade de farinhas panificáveis dada a simplicidade do método CRS, a sua rapidez de execução e o baixo custo de investimento necessário para a sua implementação e execução.

1.2 Identificação da empresa

A 8 de Fevereiro de 1919 foi fundada a Amorim Lage , Lda. – por José Alves e Amorim e Manuel Gonçalves Lage. Esta empresa, de raiz eminentemente familiar, iniciou a sua atividade na indústria de moagem de trigo, produzindo farinhas de trigo para panificação, sob a marca Paradense, numa moderna unidade industrial instalada na Maia, utilizando as mais recentes máquinas e diagrama de fabrico. Através desta ligação, cessava a atividade moageira da família Lage, que produzia farinhas há mais de 50 anos. Em 2005, deu-se a reestruturação do Grupo Amorim Lage e das subsidiárias Milaneza, Nacional e Harmonia para Cerealis, SGPS, S.A., Cerealis Produtos Alimentares, S.A, Cerealis Moagens, S.A. e Cerealis Internacional, S.A.

O grupo passou igualmente a ter uma nova designação e identidade – Cerealis – com o objetivo de ter uma identidade única das empresas e dos negócios, reforçar a ligação à alimentação, aos cereais e à naturalidade pelo nome e a internacionalização. Atualmente a relação das participações sociais do grupo é a seguinte:

Figura 1.1 Relação das participações sociais no grupo Cerealis (Cerealis SGPS, consultado em Agosto de 2014).

A Cerealis SGPS, S.A. gere as participações sociais do grupo, prestando-lhe, entre outros serviços, apoio nas áreas jurídicas, sociais e financeiras.

A Cerealis Produtos Alimentares, S.A. é uma empresa vocacionada para a produção e comercialização de produtos destinados ao consumidor final, nomeadamente massas alimentícias, bolachas, cereais de pequeno-almoço, farinhas de usos culinários e produtos refrigerados.

A Cerealis Moagens, S.A. é uma empresa vocacionada para a produção e comercialização de farinhas de trigo e centeio.

A Cerealis Internacional Comércio de Cereais e Derivados, S.A. é a *trading* que assegura a compra de cereais para a sua transformação nas empresas do grupo e a exportação dos seus produtos.

A nova imagem do grupo Cerealis, pretende representar a união, a internacionalização, o dinamismo e a solidez de um dos maiores grupos agroalimentares portugueses. A Cerealis Moagens tem três centros de produção, estando indicados na seguinte figura 1.2.

Figura 1.1 Centros de produção da Cerealis Moagens S.A (Cerealis SGPS, consultado em Agosto de 2014).

A Cerealis Moagens transforma diariamente cerca de 1300 toneladas de cereais o que torna a empresa líder do sector moageiro. As marcas presentes no mercado são a Concordia, Harmonia e Nacional. Os produtos comercializados destinam-se aos clientes das fábricas de panificação industrial e tradicional, da indústria de bolachas, congelados e fabricantes de farinhas compostas (cerealis SGPS , consultado em Agosto de 2014).

As unidades de produção da Cerealis Moagens estão certificadas pela Associação Portuguesa de Certificação (APCER) segundo as normas ISO 9001, ISO 22000 e BRC Global Standard. Estes referenciais são uma ferramenta que potencia a orientação para o cliente, o bem-fazer e a melhoria contínua e imprimem na organização uma cultura de avaliação e sistematização de procedimentos. Cada centro de produção tem um laboratório onde o controlo sistemático de matérias-primas, processos de fabrico e produtos, através de testes físico-químicos, microbiológicos e de panificação, garantem a qualidade dos produtos.

1.3 O trigo

1.3.1 Classificação

A palavra trigo provém do vocábulo latino *triticum*, que significa quebrado, triturado, numa referência à atividade que se deve realizar para separar o grão de trigo da camada que o reveste. O termo trigo destina-se tanto à planta como às sementes comestíveis dela originada (Léon, 2007). O trigo, pertencente à família *Poaceae*, subfamília *Pooideae* e ao gênero *Triticum*, é classificado em diferentes espécies, conforme o número de cromossomas: *Triticum monococcum* com 14 cromossomas*, Triticum durum* com 28 cromossomas e *Triticum aestivum* com 42 cromossomas (Popper *et al*., 2006). Embora o trigo tenha mais de trinta mil linhagens e variedades, as de maior importância do ponto de vista comercial são: *Triticum aestivum*, *Triticum durum* e *Triticum compactum* (Eliasson e Larsson, 1993).

A maior parte dos trigos panificáveis pertence à espécie *T. aestivum* enquanto a maior parte dos trigos para massas pertence à espécie *T. durum*. Dentro da espécie *T. aestivum* podem considerar-se trigos com diversos graus de dureza (força necessária para quebrar os grãos): mole, misto e duro. Os trigos moles são normalmente usados para o fabrico de bolachas e outros produtos de pastelaria enquanto os trigos mistos e duros são destinados ao fabrico de pão e massas alimentares (Khalil e Shewry, 2009).

1.3.2 Estrutura do grão de trigo

O grão de trigo tem geralmente forma oval, embora diferentes espécies e/ou variedades tenham grãos de forma ligeiramente diferentes. O grão varia entre 5-9mm de comprimento, com um peso de 35-50mg e possui um vinco no lado que foi originalmente ligado à inflorescência (Sramková *et al.*, 2009).

O grão de trigo (figura 1.3) é constituído pelo pericarpo (12-18%), pelo endosperma (80-85%) e pelo gérmen (2-3%), sendo o endosperma a fração de maior importância por dar origem à farinha depois de separado dos restantes componentes no processo de moagem (Bagulho, 2008).

Em relação aos constituintes químicos estes não se distribuem uniformemente pelo grão. O pericarpo é rico em pentosanas, celulose, minerais e proteínas. A camada de aleurona é rica em minerais, fitatos, proteínas, lipídos, vitaminas (niacina, tiamina, riboflavina) e enzimas. O endosperma é composto basicamente de amido, mas sua parte mais externa (subaleurona) contém mais proteína que a porção interna. O gérmen tem alto conteúdo de proteínas, lípidos, açúcares redutores e minerais (Hoseney, 1994; Quaglia, 1991; Belitz e Grosch, 1997).

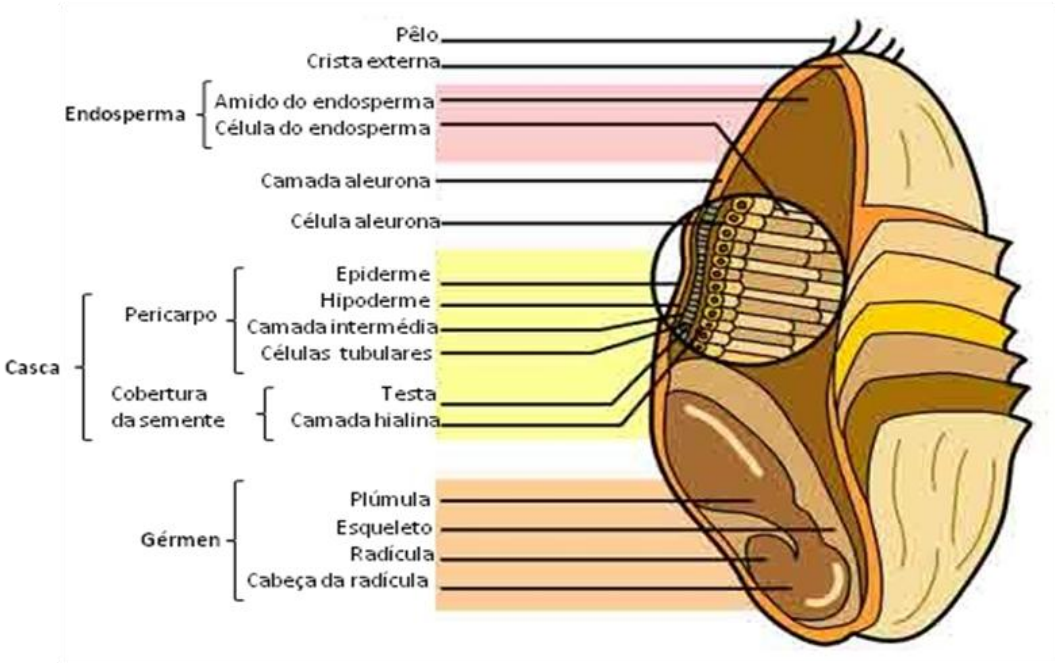


Figura 1.2 Anatomia de um grão de trigo (adaptado Fonte: Davis, 2011).

1.4 Processo de fabrico da farinha de trigo

A moagem é o processo sequencial de quebra, moenda, separação e classificação tirando partido das características flexíveis do farelo e friáveis do endosperma. O processo de produção da farinha inicia-se com a preparação dos grãos de trigo, onde é realizada a limpeza e o acondicionamento em silos. Na limpeza dos grãos de trigo utilizam-se diferentes princípios de separação e classificação para eliminar as impurezas contidas na massa de grãos. Os princípios utilizados na limpeza são: calibragem; triagem; magnetismo; influência da forma / densidade; tratamento de superfície; e classificação aerodinâmica (Pereira, 2001).

O trigo pode conter impurezas provenientes do campo, do armazenamento e do transporte. As impurezas mais frequentes são de origem vegetal (ervas daninhas, grãos de outros cereais, fragmentos de plantas), de origem animal (pêlos, excrementos de roedores, ovos e fragmentos de insetos), de origem mineral (pedras, poeiras, lama) ou outras impurezas (papel, madeira). O número de etapas de limpeza depende do tipo de moinho, sendo algumas indispensáveis (Hosoney, 1994). A decisão do número e ordem das etapas de limpeza e do ajuste dos equipamentos depende essencialmente das características físicas dos grãos de trigo e das impurezas presentes. Devido à heterogeneidade do material presente, as impurezas são removidas através de vários métodos baseados em diferentes princípios. O trigo pode ser limpo através de dois métodos utilizados na limpeza de cereais: limpeza húmida e limpeza seca (Posner e Hibbs, 1997).

Posteriormente o trigo passa por um processo de humidificação ou remolhagem seguido por um período de repouso. O principal objetivo desta etapa é obter uma separação eficiente do farelo e do endosperma, na moagem. O condicionamento garante um alto rendimento de farinha,

com mínimo teor de cinza. Os três fatores que afetam esta operação são o teor de humidade, a temperatura e o tempo de tratamento. A humidade do grão é provavelmente o mais importante desses três fatores, sendo o seu efeito na moagem e nas propriedades de panificação bem conhecido (Amorim, 2007).

Em geral, o teor de humidade dos grãos de trigo comercializados situa-se em torno de 11,0 a 13,0%, sendo normalmente necessário proceder à adição de água para que ele atinja o teor de humidade ideal para a moagem (14,0 a 17,0%) em função da dureza do grão. Diferenças no teor de humidade entre as partes constituintes dos grãos podem resultar na obtenção de farinhas com cores indesejáveis e/ou em diminuição da taxa de extração (Posner e Hibbs, 1997).

Tecnicamente, a moagem é dividida nas etapas de trituração, redução e compressão. A trituração é realizada com rolos de moagem estriados para fazer a separação entre o endosperma, a casca e o gérmen. A redução e a compressão trabalham com rolos lisos de moagem, para reduzir o endosperma até atingir a granulometria de farinha (Pereira, 2001).

Os rolos podem ser arranjados em grupos de dois, três ou quatro unidades. O par de rolos pode ser montado tanto horizontal como verticalmente. O uso de apenas dois rolos dá uma única passagem ao grão e o arranjo triplo pode dar duas passagens nos grãos; e assim sucessivamente. Para que a moagem apresente uma homogeneidade e um alto rendimento, é necessário que os grãos sejam distribuídos uniformemente ao longo de todo o comprimento do rolo (Amorim, 2007).

Os rolos de quebra, tal como o nome indica, têm como objetivo a quebra dos grãos, a remoção do endosperma do gérmen e do farelo, com o mínimo de contaminação (Posner e Hibbs, 1997). Cada conjunto de rolos de quebra é composto por um par de rolos que gira em sentidos opostos e a velocidades distintas, sendo o espaço entre eles ajustado de acordo com a precisão desejada na moagem (Amorim, 2007). Os rolos de quebra são estriados em toda a sua extensão.

No sistema de quebra são realizadas quatro ou cinco passagens, seguindo-se a separação por peneiros, onde as partículas menores constituem a farinha, e as partículas maiores, serão encaminhadas para etapa seguinte (Hoseney, 1994). Após a separação nos peneiros, procede-se à redução do tamanho das partículas do endosperma para a produção dos vários tipos de farinhas pré-determinados pelo moinho. Os rolos de redução são similares aos de quebra, sendo que a principal diferença é que os rolos de redução são lisos (Amorim, 2007). Posteriormente a esta etapa, a farinha e os subprodutos são colocados em células para serem expedidos a granel ou em sacos.

A figura 1.4 representa um exemplo de fluxograma do processo de fabrico de farinhas de trigo mole:

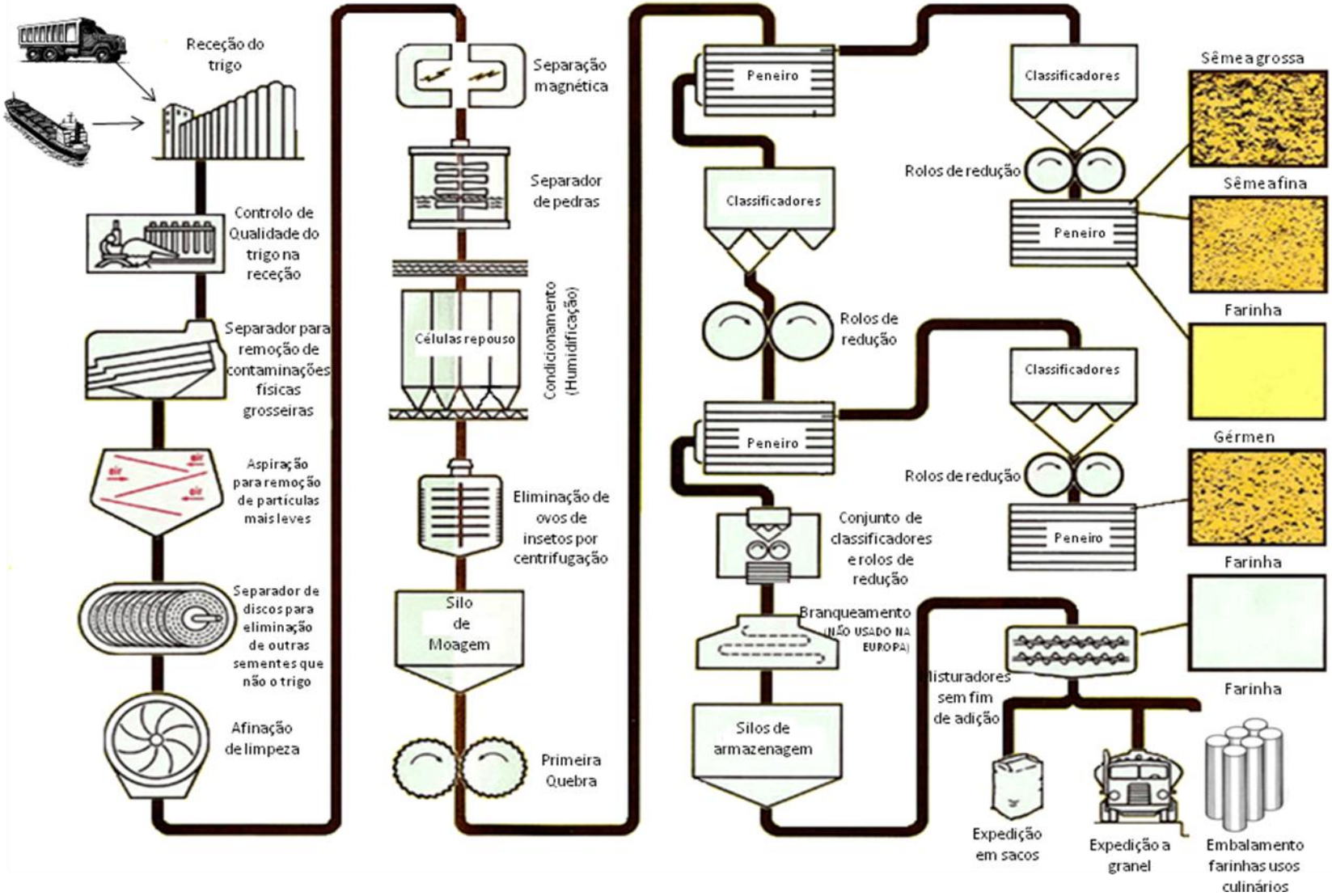


Figura 1.3 Exemplo de fluxograma da produção de farinhas de trigo (adaptado de: www.namamillers.org/education/wheat-milling-process)

1.5 A farinha

De forma geral, a farinha de trigo é composta por 70 a 75% de amido, 12 a 14% de água, 8 a 16% de proteínas e outros constituintes menores: 2 a 3% de polissacarídeos não amiláceos, 2% de lípidos e 1% de cinza (Morita *et al.*, 2002).

De acordo com o Decreto-Lei n.º 65/1992 de 23 de Abril e com a Portaria nº 254/2003 de 19 de Março, entende-se por farinha o produto resultante da moenda de grãos de um ou mais cereais, maduros, sãos, não germinados e isentos de impurezas, bem como da sua mistura. A referida Portaria nº 254/2003 de 19 de Março, identifica como características analíticas das farinhas de trigo, e, consequentemente, como parâmetros de qualidade de cumprimento legal, os parâmetros indicados no quadro 1.1. Estes parâmetros, do ponto de vista tecnológico da moagem e da panificação, são insuficientes para caracterizar devidamente a aptidão de uma farinha.

Quadro 1.1 Parâmetros de qualidade e limites de cumprimento legal para as farinhas de trigo mole (Fonte: adaptado da Portaria 254/2003 de 19 de Março). (1) Acidez determinada em extrato alcoólico e expressa em ácido sulfúrico. (2) Os valores referem-se à matéria seca. (3) Cinza insolúvel em ácido clorídrico.

Tipo de farinha	Humidade (percentagem máxima)	Acidez (g/100g máximo) (1) (2)	Cinza (percentagens limites) (2)	Cinza insolúvel (percentagem mínima) (2) (3)	Glúten seco (percentagem mínima) (2)
T 45	14,5	0,120	0,49	Vestígios	8
T 55	14,5	0,120	0,50 – 0,60	Vestígios	8
T 65	14,5	0,120	0,61 – 0,75	0,02	8
T 80	14,5	0,120	0,75 – 0,90	0,02	8
T 110	14,5	0,120	0,91 – 1,20	0,04	8
T150	14,5	0,120	1,21 – 2,00	0,06	7

1.5.1 Principais constituintes da farinha de trigo

1.5.1.1 Amido

No processo de panificação, o amido desempenha um papel bastante importante, atuando como um material estruturante. No entanto, o amido proveniente de diferentes origens apresenta qualidades diferentes para a panificação e apenas o amido de trigo possui a capacidade para formar pães com uma boa qualidade de textura e volume (Santos, 2005; Kulp *et al.*, 1991).

O amido é a fonte de reserva mais importante dos vegetais, está presente nos plastídios de vegetais superiores. O amido é constituído por uma mistura de dois

polissacarídeos: a amilose e a amilopectina, em proporções que variam com a espécie e o grau de maturação (Ribeiro e Seravalli, 2007).

A amilose é formada por uma cadeia linear de unidades de α-D-glicopiranoses unidas por ligações glicosídicas α-1,4. Na sua estrutura pode conter entre 350 a 1000 unidades de glucose. A amilopectina apresenta uma estrutura ramificada, constituída por cadeias lineares de 20 a 25 unidades de α-D-glucose unidas em α-1,4. Estas cadeias estão unidas entre si através de ligações glicosídicas α-1,6 (figura 1.5) A amilopectina é constituída por 10 a 500 mil unidades de glucose e apresenta uma estrutura esférica (Ribeiro e Seravalli, 2007).

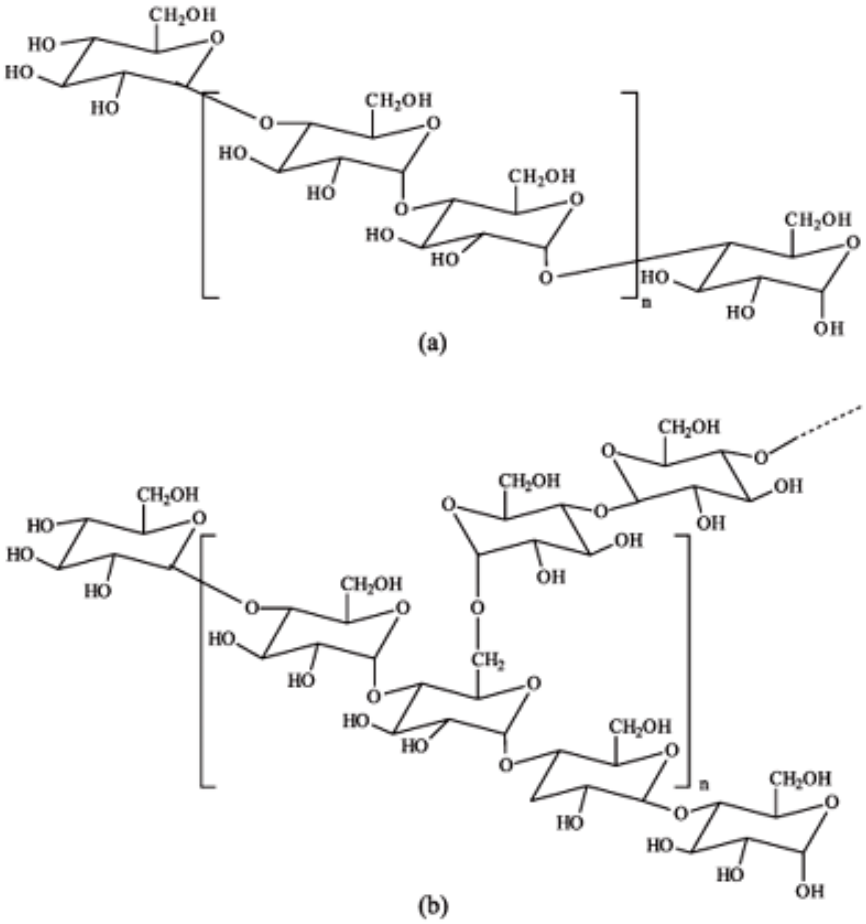


Figura 1.4 Estrutura molecular da amilose (a) e da amilopectina (b) (Fonte: Corradini *et al*., 2005).

O amido possui boa capacidade de hidratação devido ao grande número de grupos hidroxilo expostos que podem formar pontes de hidrogénio com a água. Porém, essa capacidade de hidratação, depende da temperatura, pois em água fria o grânulo absorve somente 30% do seu peso em água, devido à sua estrutura cristalina (Lehninger *et al.,* 1995).

Numa farinha de trigo os grãos de amido encontram-se intactos (dificilmente absorvem água antes do fenómeno de gelatinização) ou partidos (facilmente absorvem água nas fases que antecedem a cozedura) pelo efeito da moagem. No processo de moagem, uma determinada percentagem dos grãos de amido são mecanicamente danificados, ficando

esmagados ou fraturados. Com efeito, na moagem do grão de trigo, à medida que o endosperma é reduzido em partículas menores, grânulos de amido são danificados mecanicamente, em proporções entre 0 e 9% (Posner e Hibbs, 1997). O nível de amido danificado afeta a absorção de água durante a amassadura da massa de pão e o objetivo do moageiro é obter farinhas com um nível ótimo de amido danificado para que o técnico de panificação obtenha massas com características ótimas de manuseamento, que possam influenciar a obtenção de produtos finais de qualidade. Dessa forma, o teor de amido danificado é um importante parâmetro a medir quando se avalia a qualidade da farinha (Walker e Panozzo, 2011).

Um excesso de teor de amido danificado pode causar problemas tecnológicos ao nível do rompimento das ligações por pontes de hidrogénio entre a amilose e a amilopectina e a facilidade de formação de pontes de hidrogénio entre as moléculas de água e os grupos hidroxilo. Estes fenómenos podem originar massas pegajosas durante a amassadura com efeitos negativos ao nível do volume do pão e alterações indesejáveis na textura do miolo (Quaglia, 1991). As farinhas de trigo, que são destinadas à panificação, podem possuir uma percentagem de amido danificado entre 4 e 8% (Aquarone *et al*., 2001).

Existem dois fenómenos importantes que caracterizam o processo de panificação e influenciam a qualidade do pão: a gelatinização e a retrogradação do amido. Quando os grãos de amido ficam suspensos em água e se aumenta a temperatura gradualmente, nada acontece até se atingir um intervalo de temperatura chamado temperatura de gelatinização. A esta temperatura, específica para amidos de diferentes origens, as ligações de hidrogénio mais fracas entre as cadeias de amilose e de amilopectina rompem-se e os grãos de amido incham e formam uma solução consideravelmente viscosa. O inchamento dos grãos e, portanto, o aumento de viscosidade da solução está relacionado com a absorção de água e por isso com a quantidade de água presente no meio. Durante a gelatinização, as pontes de hidrogénio continuam a ser rompidas, os grânulos a inchar, e a amilose começa a sair da estrutura do grão de amido. Como consequência direta do intumescimento, ocorre um aumento na solubilidade do amido e da viscosidade da pasta. O intumescimento dos grânulos continua até que a estrutura granular deixe de existir. Com o rompimento total dos grânulos, a viscosidade decresce abruptamente (Cauvain, 2003).

Após a gelatinização do amido, quando a temperatura é reduzida à temperatura ambiente, ocorre um rearranjo das moléculas através de ligações de hidrogénio, fator que favorece a recristalização: a este fenómeno chama-se ~~a~~ retrogradação do amido. A retrogradação ocorre com a formação de ligações de hidrogénio entre moléculas de amilose e moléculas de água (Cauvain, 2003). A retrogradação envolve quer a amilose quer a amilopectina. Contudo, a taxa de retrogradação é muito maior para a amilose do que para a amilopectina, pelo que a amilose é a principal responsável pelas alterações que ocorrem a curto prazo, enquanto que a amilopectina tem um papel mais importante nas alterações que ocorrem a longo prazo (Conde-Petit e Escher, 1994). O fenómeno de retrogradação é responsável pelo envelhecimento do pão e dos produtos panares na generalidade dado que

implica uma perda de água e consequentemente de frescura. O amido desempenha um papel importante na manutenção da estrutura do pão no cozimento, ajudando na retenção dos gases produzidos durante a fermentação (Aquarone *et al.*, 2001) em grande parte devido à forma como se encontra ligado à rede de glúten.

1.5.1.2 Proteínas

Entre todos os cereais, as proteínas do trigo são as únicas capazes de promover a formação de massa (rede de glúten), o que torna a farinha de trigo inigualável para aplicações em panificação (Sgarbieri, 1996).

De acordo com Osborne, as proteínas do trigo podem ser classificadas conforme a sua solubilidade em água, sendo as albuminas solúveis em água, as globulinas solúveis em solução salina diluída, as prolaminas solúveis em solução alcoólicas a 70-80% e as gluteninas solúveis em soluções ácidas ou alcalinas diluídas (Sgarbieri, 1996).

As proteínas do trigo podem também ser classificadas quanto às suas funções, em metabólicas e estruturais, ou de reserva. As proteínas metabólicas, albuminas e globulinas, atuam no desenvolvimento do grão e no início da germinação. As proteínas estruturais ou de reserva, gliadinas (classe das prolaminas) e gluteninas, são a principal fonte de aminoácidos para o desenvolvimento do embrião durante a germinação (Cheftel *et al.*, 1989; Sgarbieri, 1996).

As albuminas e as globulinas são proteínas minoritárias que desempenham atividades enzimáticas (Shewry e Tatham, 1990). Enzimas são proteínas globulares, de estrutura terciária ou quaternária que agem como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações químicas no organismo, sem serem, elas próprias, alteradas neste processo (Champe e Harvey, 1989). De acordo com Vanbelle *et al.* (1990), todas as enzimas possuem as seguintes características: não apresentam modificações no final da reação, atuam em quantidades muito pequenas e aceleram a velocidade da reação sem modificar a posição de equilíbrio de uma reação reversível.

Nutricionalmente, as albuminas e as globulinas têm uma composição em aminoácidos bastante equilibrada. São ricas em lisina, triptofano e metionina, três aminoácidos geralmente presentes em poucas quantidades nos cereais (Hoseney, 1986). A composição em aminoácidos das glutelinas é semelhante à das prolaminas, sendo ricas em prolina, arginina, asparagina e glutamina, e pobres em lisina, triptofano e metionina (Eliasson e Larsson, 1993).

A combinação de gliadinas e gluteninas com água, acompanhada de energia mecânica, tem o poder de formar uma rede viscoelástica tridimensional denominada de glúten, que é de particular importância na qualidade da panificação (figura 1.6). A glutenina é responsável pela força e estabilidade da estrutura do pão e a gliadina é a substância macia e colante à qual os restantes materiais se agregam. As ligações de hidrogénio das cadeias laterais do amido são umas das responsáveis na coesão do glúten quando à farinha é adicionada água (Cornell e Hoveling, 1998).

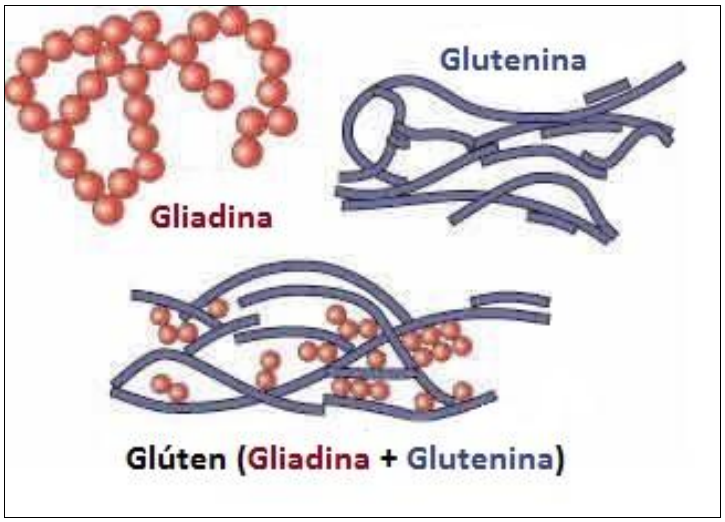


Figura 1.5 Representação esquemática da glutenina, gliadina e glúten (adaptado de Caetano, 1997)

A glutenina e a gliadina são as principais responsáveis pelas características reológicas da massa (Caetano, 1997) e por fazerem do trigo o cereal mais usado no mundo. Algumas dessas características estão descritas na tabela 1.2. Devido à presença destas proteínas na farinha de trigo, esta, quando hidratada, tem a capacidade de formar uma rede viscoelástica capaz de reter o gás formado durante a fermentação do pão, conferindo volume e uma estrutura alveolada ao pão. Os outros constituintes da farinha e ingredientes adicionados são também responsáveis pelas propriedades funcionais da massa e propriedades organoléticas de um pão de qualidade. Porém, esta qualidade não é atingida se a farinha usada não tiver na sua constituição proteínas do glúten em quantidade e qualidade suficientes (Bushuk, 1997; Uthayakumaran *et al*., 1999; Lásztity *et al*., 2000).

Quadro 1.2 Características das proteínas formadoras da massa (adaptado de Calaveras, 1996).

Características	Gliadina	Glutenina
Peso molecular	Baixo peso molecular	Elevado peso molecular
Função	Estabelece a ligação à massa	Confere consistência e solidez ao glúten
Teor	33%	45%
Elasticidade	Baixa	Elevada
Extensibilidade	Elevada	Baixa

As proteínas que constituem o glúten, presentes no endosperma da semente, representam 85% das proteínas da farinha (Brammer, 2000). Conforme anteriormente referido, o glúten, na panificação, retém o dióxido de carbono produzido durante o processo fermentativo e faz com que o pão aumente de volume. Uma farinha de trigo duro possui, em geral, maior capacidade de retenção de dióxido de carbono. Uma farinha suave, por sua vez, apresenta deficiência nesta característica. A dureza é uma característica física que mede a resistência do grão à deformação, e consequentemente, designa a maior ou menor capacidade de uma farinha para sofrer uma pressão mecânica ao ser misturada com água, e está associada à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas e com a capacidade de retenção do dióxido de carbono. Um bom produto final de panificação é um pão de bom volume, de textura interna sedosa e de granulometria aberta (Rettig, 2008).

1.5.1.3 Constituintes minoritários

1.5.1.3.1 Lípidos

Embora, nos cereais, os lípidos estejam presentes em pequena extensão (1-2,5%), estes têm um efeito significativo na qualidade e textura dos alimentos. No trigo predomina o ácido linoleico, seguido do ácido oleico e do ácido palmítico. Os lípidos fornecem textura aos alimentos por causa da especial capacidade de se associarem com proteínas, devido à sua natureza anfipática (presença de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos) que influencia a qualidade dos complexos de glúten com amido. Parece existir uma maior concentração de lípidos na superfície do amido do que dentro do grânulo (Cornell, 1998).

As propriedades reológicas da massa são afetadas pelos lípidos (que não os que estão associados aos grânulos de amido), embora os lípidos constituintes dos grânulos de amido pareçam afetar as propriedades dos produtos panificados. Por exemplo, há estudos de panificação com farinhas de diferentes cultivos de trigo, em que a adição de lípidos não pertencentes aos grânulos de amido resulta num volume de pão insatisfatório. Em contraste, os glicolípidos proporcionam um aumento positivo do volume do pão (Alberti, 2000).

1.5.1.3.2 Minerais e vitaminas

O trigo conta entre os seus componentes com diversos minerais, a maioria em proporções pouco representativas, mas podem mencionar-se o potássio (K), assim como o magnésio (Mg), o fósforo (P) e o enxofre (S) (Cornell e Hoveling, 1998).

O trigo inteiro é uma boa fonte de vitaminas do complexo B – tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina – assim como ácido pantoténico, ácido fólico e vitamina E. A maioria das vitaminas encontra-se nas camadas exteriores do grão e no gérmen. A quantidade das várias vitaminas solúveis em água na farinha é somente 15 a 40% das existentes no trigo inteiro (Cornell, 1998).

1.5.1.3.3 Polissacarídeos não amiláceos

Os principais polissacarídeos não amiláceos do trigo são as pentosanas, que se originam nas paredes celulares do endosperma e farelo. As pentosanas, também designadas por arabinoxilanas, representam 2 a 3% na farinha de trigo e desempenham um papel importante nas características reológicas da massa. São altamente hidrofílicas, sendo capazes de absorver cerca de dez vezes o seu peso em água. As pentosanas hidrossolúveis são capazes de imobilizar a água, formando soluções ou géis bastante viscosos através de ligações covalentes (Izydorczyk *et al*., 1990; Vinkx *et al*., 1991; Figueroa–Espinoza *et al*., 1999), exibindo um comportamento reofluidificante, isto é, em que a viscosidade diminui com o aumento da taxa de deformação (Castro, 2002).

As pentosanas nos cereais são polissacarídeos ramificados que contêm glucose e ácido ferúlico (figura 1.7) (Santos, 2005). O ácido ferúlico é o principal componente envolvido na gelificação oxidativa das pentosanas. As enzimas quebram as pentosanas em arabinoxilana e ácido ferúlico, o que leva a existir mais água disponível para formar a massa, maior gelificação e maior interação com o glúten, dando uma maior estabilidade, elasticidade e tolerância à massa (Hoseney e Faubion 1981).

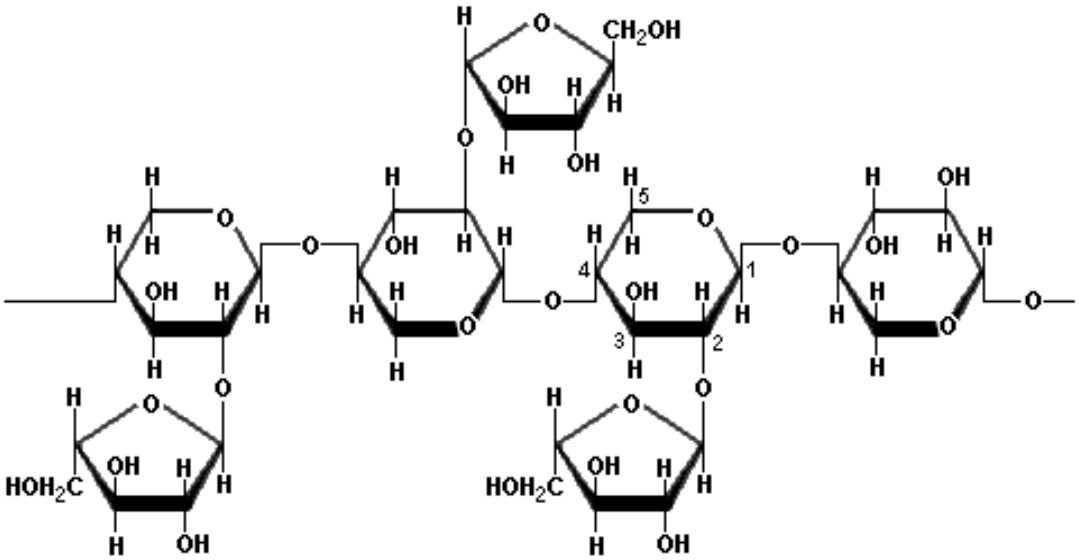


Figura 1.6 Estrutura molecular do arabinoxilano (www.scientificpsychic.com/carbohidratos.html)

Os polissacarídeos não amiláceos, especialmente as arabinoxilanas têm um papel importante nas várias etapas do processo de panificação e nas características organoléticas do produto final (Courtin e Delcour, 2002). O impacto das arabinoxilanas no processo de panificação está relacionado com a sua elevada afinidade para a água. Esta característica exibida pelas pentosanas exerce um efeito positivo na absorção de água pela farinha e na distribuição da água entre os vários componentes (Michniewicz *et al*., 1991; Rouau e Moreau,

1993). Em diversos estudos as arabinoxilanas mostram afetar o volume e as características do miolo e da crosta do pão (Delcour *et al*., 1991; Michniewicz *et al*., 1991; Biliaderis *et al*., 1995).

A capacidade de gelificação das pentosanas contribui para o comportamento viscoelástico e desenvolvimento das massas de pão, resultando na produção de pães com maior volume, mais elásticos e com uma textura mais uniforme. A redução do conteúdo de pentosanas conduz à formação de massas mais fracas e pouco consistentes, produzindo pães com menor volume e textura não uniforme (Santos, 2005). O aumento de viscosidade diminui a difusão de dióxido de carbono libertado durante a fermentação promovendo assim um maior crescimento da massa. Neste aspeto as pentosanas desempenham uma função semelhante ao glúten (Hoseney, 1984; Meuser e Suckow, 1988).

A maior afinidade pela água exibida pelas pentosanas retarda o processo de envelhecimento do pão, por reduzir a disponibilidade de cadeias de amido disponíveis (Eliasson e Larsson, 1993). As pentosanas não coagulam com o aumento de calor, tal como acontece com as proteínas, não sofrem retrogradação durante o arrefecimento, tal como acontece com o amido, pelo que as pentosanas têm um efeito positivo na manutenção da frescura e aumento do tempo de prateleira do pão (Meuser e Suckow, 1988; Eliasson e Larsson, 1993; D'Appolonia e Rayas-Duarte, 1994; Evers *et al*., 1999).

1.6 Processo de panificação

De acordo com a legislação portuguesa, entende-se por pão, "o produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, triticale ou milho, estremes ou em mistura, de acordo com os tipos legalmente estabelecidos, água potável e fermento ou levedura, sendo ainda possível a utilização de sal e de outros ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos, nas condições legalmente fixadas" (Portaria nº 425, 1998).

A mistura é a primeira etapa do processo, e assegura a união e interação das matérias-primas e a formação/desenvolvimento da massa. Nesta fase as partículas de farinha são hidratadas lentamente e devido ao trabalho mecânico que é aplicado, o glúten vai-se desenvolvendo formando uma rede tridimensional, forte e extensível com capacidade de reter os gases libertados na fermentação. O amido e restantes componentes da farinha são integrados na rede. A massa também vai incorporando ar que irá contribuir para o alveolado final do pão. As amilases são ativadas e começam a atuar sobre o amido danificado. Formam-se açúcares fermentáveis, que conjuntamente com os açúcares presentes na massa, constituem o substrato para as leveduras. Estes açúcares são transformados em etanol, dióxido de carbono e outros compostos minoritários que influenciam o aroma final do pão (Pallarés *et al.,* 2007).

A fermentação é o passo fundamental do processo e, para além do aroma, influencia várias outras características do produto final (nomeadamente, o volume e o, alveolado do miolo) uma vez que é nesta fase que a massa se expande (Arendt *et al.,* 2007; Bot, 2008) e se

processam na plenitude as reações bioquímicas. As diferentes enzimas envolvidas na produção de açúcares simples provêm da farinha ou das leveduras e são também frequentemente adicionadas ao processo, com o objetivo de melhorar a qualidade do produto. É muito importante que o processo se desenvolva até ao seu ponto ótimo, o que depende fundamentalmente da temperatura de fermentação e da concentração de levedura (Pallarés *et al.,* 2007). Vários fatores podem influenciar esta etapa, tais como o pH, os nutrientes disponíveis e a presença de substâncias capazes de bloquear/inibir a atividade fermentativa (Bot, 2008).

Durante o processo de cozedura, a massa continua a aumentar de volume, forma-se o miolo e a côdea (sendo que esta última aloira e escurece). Numa primeira fase destaca-se o aumento de volume devido fundamentalmente a três fatores: expansão dos gases retidos na massa com o aumento da temperatura; evaporação de parte de água e etanol presentes na massa; aumento da atividade da levedura, que produz uma importante quantidade de dióxido de carbono, até que a massa alcance 60ºC. Acima desta temperatura o amido gelatiniza, o glúten desidrata e desnatura, a expansão do pão cessa e forma-se a estrutura final. Ao longo de todo este processo, a humidade do pão vai diminuindo por evaporação, a secagem e o aumento de temperatura da superfície da massa levam à formação da côdea devido às reações de *Maillard* entre açúcares e aminoácidos e a reações de caramelização dos açúcares (Pallarés *et al.,*2007).

1.7 Principais métodos de avaliação da qualidade do trigo e da farinha

1.7.1 Métodos reológicos

1.7.1.1 Ensaio alveográfico

O ensaio alveográfico simula o comportamento da massa durante a fermentação e avalia as características viscoelásticas da farinha de trigo. Os principais parâmetros avaliados neste teste são tenacidade, a extensibilidade e o trabalho de deformação ou força de glúten. A tenacidade (P) corresponde ao impacto necessário para levar um material à rutura e a extensibilidade (L) é a propriedade da massa esticar e não voltar à forma de origem. A relação entre P e L deve ter preferencialmente um valor inferior a um, pois assim indica que a massa é mais extensível que tenaz (Gutkoski, 2009). O trabalho de deformação da massa ou força de glúten (W) indica a qualidade panificável da farinha, este teste corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a rutura, expressa em 10^{-4}J. O índice de elasticidade (Ie) é medido depois de se insuflar 200 mL de ar na massa, que corresponde a 4cm após o início da curva (Modenes *et al*., 2009). Na figura 1.8 é apresentado um modelo de gráfico obtido num ensaio alveográfico.

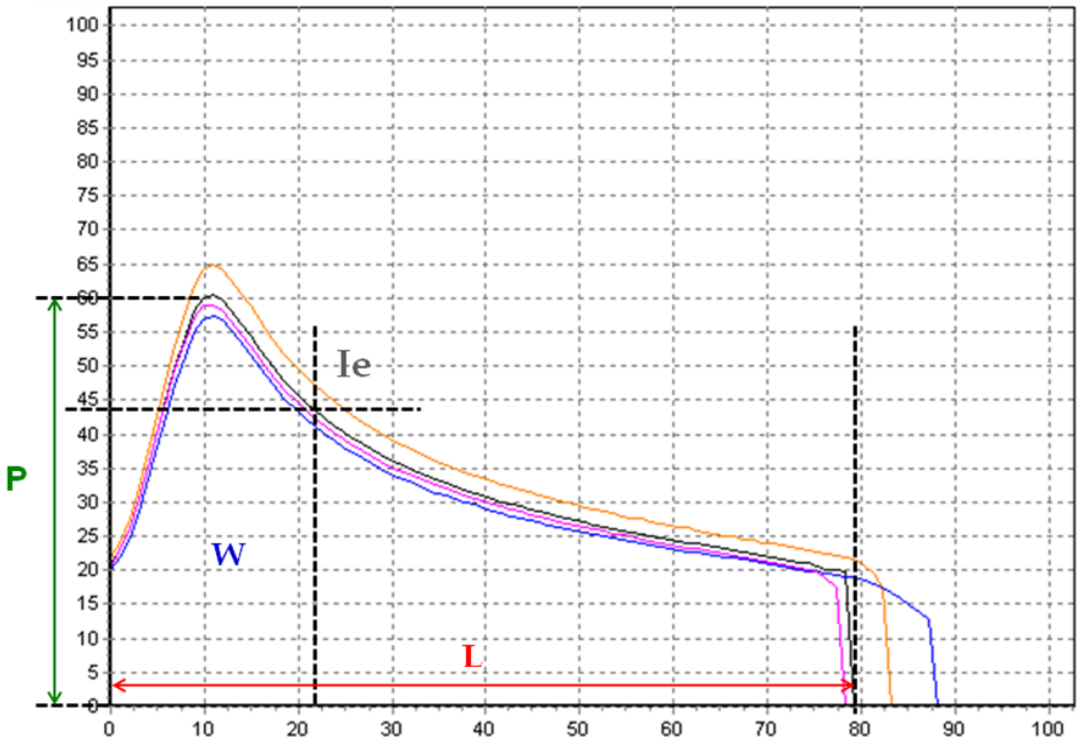


Figura 1.7: Exemplo do gráfico do ensaio alveográfico obtido de uma farinha de trigo (Fonte: Autor).

1.7.1.2 Ensaio farinográfico

O ensaio farinográfico permite demonstrar a resistência da massa mediante uma ação mecânica (Quaglia, 1991). Este ensaio baseia-se na resistência que a massa oferece ao trabalho das pás de uma amassadeira, o torque é transmitido a um dinamómetro, o qual está ligado a um sistema de escala, e através de uma caneta registradora é efetuado um gráfico (Shuey, 1984).

Da leitura de um ensaio farinográfico obtêm-se os seguintes parâmetros: absorção da massa (Abs), indica a quantidade de água adicionada à farinha, expressa em percentagem, para que ela atinja a consistência padrão que corresponde a 500 unidades farinográficas (UF); o tempo de desenvolvimento (TD), período de tempo expresso em minutos, desde o início da amassadura até ao momento em que a massa atinge a consistência de 500 UF; o tempo de estabilidade (TE), intervalo de tempo durante o qual a massa mantém a máxima consistência e mede-se pelo tempo que a curva se encontra acima das 500 UF e o grau de enfraquecimento (Enf), indica a diferença em UF entre a consistência máxima e a consistência 12 min depois do início da curva (NP3653:2000). Na figura 1.9 apresenta-se uma representação gráfica de um ensaio farinográfico.

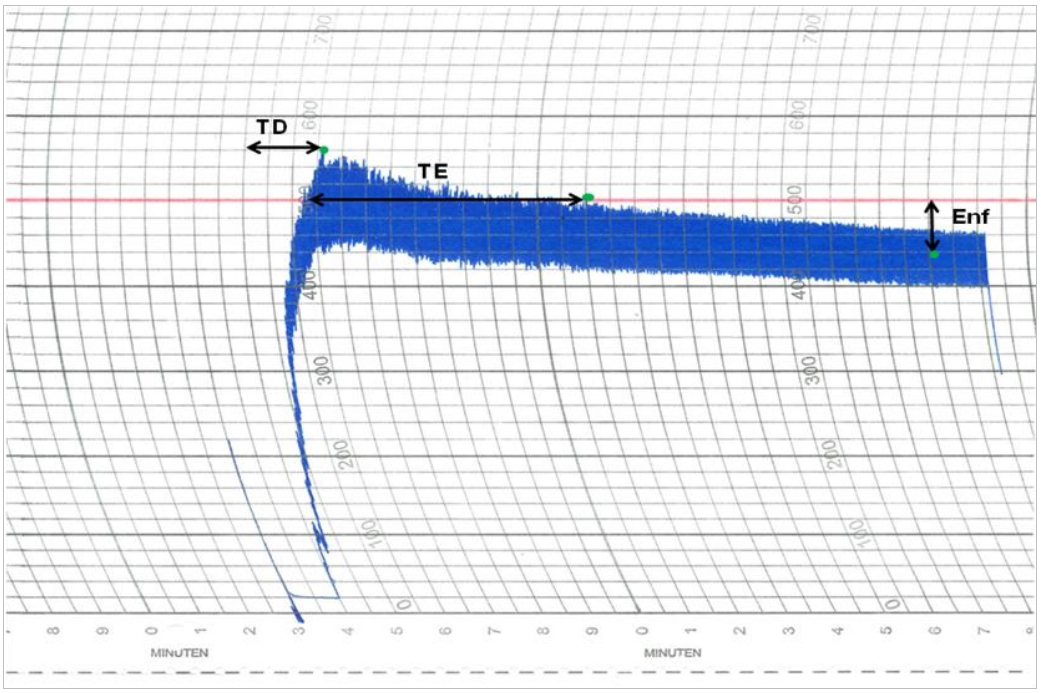


Figura 1.8 Representação gráfica de um farinograma obtido de uma farinha de trigo (Fonte: Autor).

Os tipos de farinograma obtidos em análises de trigo variam de acordo com o cultivo, as condições ambientais, o teor de proteína e o tipo de farinha analisada (Oliveira, 2013).

1.7.2 Métodos físico-químicos

1.7.2.1 Determinação do peso do hectolitro

O peso do hectolitro é uma análise física do grão, e consiste na massa de 100L de trigo expressa em kg/hL. Este parâmetro é influenciado pela uniformidade, forma, densidade e tamanho do grão, mas também pelo teor de matérias estranhas e grãos quebrados na amostra (Miranda *et al*., 2008).

Esta determinação contribui para a avaliação da qualidade do grão de trigo, sendo utilizado como medida tradicional de comercialização em vários países e reflete indiretamente atributos de qualidade relacionados especialmente com a moagem (Munstock, 1999). Segundo Schmidt e Tscharntke (2005), foi constatado que o peso por hectolitro não tem correlação com outras análises realizadas ao trigo (teor de proteína no grão, teor de proteína na farinha, índice de sedimentação, ensaio alveográfico, entre outros). Isto demonstra que apesar da avaliação do peso do hectolitro ser bastante rápida, simples e comumente utilizada em programas de melhoramento, não será eficiente quando empregada na seleção de constituições genéticas superiores para a qualidade de panificação.

1.7.2.2 Determinação da granulometria

Para farinha de trigo, a granulometria é uma das propriedades físicas mais importantes, influenciando o processo tecnológico e a característica final do produto. Diferentes perfis granulométricos estão relacionados principalmente com o comportamento dos genótipos, durante o processo de moagem, já que diferentes genótipos submetidos às mesmas condições de moagem apresentam diferenças na distribuição e no tamanho das partículas (Mousia *et al*., 2004).

A granulometria da farinha de trigo é um aspeto que influencia o processo de panificação. A absorção de água é altamente influenciada pela granulometria (Linden e Lorient, 1994). Segundo Pyler (1988), a farinha que apresenta granulometria extremamente fina, não significa necessariamente que tenha qualidade. Percentagens altas de partículas finas nas misturas podem prejudicar o miolo nos produtos de panificação, que poderão apresentar humidade elevada e gomosidade.

1.7.2.3 Determinação do teor de humidade

Segundo Germani (2008), o teor de humidade é um fator que afeta bastante as características do grão e da farinha, interferindo de maneira direta na qualidade. O teor de humidade define o momento propício da colheita, o tempo e a temperatura adequados para se promover a secagem e o condicionamento do grão de trigo para posteriormente ser moído (Miranda *et al.,* 2010) Assim, os limites de humidade são aspetos imprescindíveis para a conservação do grão e da farinha e a sua respetiva comercialização (Miranda *et al.,* 2008).

1.7.2.4 Determinação do teor de cinza

O teor de minerais no grão está relacionado com diversos fatores, tais como o genótipo, o tipo de solo e as práticas de cultivo (Gutkoski, 2009). A cinza é constituída pelos sais minerais presentes no grão ou na farinha e representa o resíduo inorgânico obtido após a incineração ou calcinação do material. Os minerais concentram-se nas camadas mais externas do grão e, por isso, o teor de cinza do grão é mais elevado que o da farinha branca, já que essas camadas são retiradas na moagem (Germani, 2008). Geralmente os minerais encontrados nas farinhas são o ferro, sódio, potássio, magnésio e fósforo. As farinhas com maior grau de extração apresentam maior teor de cinzas, fibras e cor mais escura, sendo que o consumidor as classifica como produto de qualidade tecnológica inferior às farinhas mais claras (Coultate, 2004).

Industrialmente o teor de cinzas é utilizado para o cálculo da curva de cinzas, a qual mede a eficiência do processo de moagem (Guarienti, 1996; Posner, 2000).

1.7.2.5 Determinação do índice de queda

Esta análise baseia-se na rápida gelatinização de uma suspensão de farinha e água e na medida de degradação do amido por ação da amilase em condições similares às de cocção de um pão (Quaglia, 1991), já que esta enzima tem a função de hidrolisar o amido promovendo a consequente libertação de açúcares durante a fermentação (Faroni *et al.*, 2002).

A verificação da atividade α-amilásica em grãos ou em farinhas tem como objetivos detetar danos causados por pré-germinação, otimizar os níveis de atividade enzimática e garantir a sanidade do grão (Léon, 2007). O aparelho *Falling Number* tem como princípio a determinação indireta da atividade enzimática, na qual o amido gelificado é liquefeito pela α-amilase (Aquarone *et al*., 2001). Este aparelho é composto por duas divisões, uma elétrica e outra mecânica, com funções de fornecimento de calor para ocorrer a gelatinização do amido e, ao mesmo tempo, misturar a suspensão de água e farinha de trigo. A atividade da enzima α-amilase inicia com a geleificação do amido (55-65ºC) e finaliza após sua desnaturação, a uma temperatura próxima dos 80ºC (Carvalho, 1999).

1.7.2.6 Determinação do teor de glúten

A determinação do glúten em farinhas é uma análise importante que serve para medir o teor de glúten húmido e, a partir da secagem, possibilitar o cálculo do índice de glúten seco de determinada amostra (Montenegro e Ormenese, 2008).

O princípio do método consiste em fazer uma massa com farinha de trigo e água que, em seguida, deve ser lavada para remoção do amido e dos constituintes hidrossolúveis do glúten, obtendo-se então o glúten húmido, que é posteriormente seco e pesado (Popper *et al*., 2006).

A determinação da quantidade e da qualidade do glúten na farinha é uma das melhores ferramentas para se conhecer suas potencialidades (Léon, 2007), já que o glúten é responsável pela retenção de gás na massa, o que confere leveza aos produtos fermentados, estando então relacionado com a qualidade final dos produtos no que diz respeito à textura, forma e expansão (Amemiya e Menjivar, 1992).

1.7.2.7 Determinação da proteína

Entre os métodos disponíveis para efectuar a quantificação da proteína encontram-se o método de Kjeldahl, método de Dumas, método espectrofotométrico de reflectância no infravermelho proximo e espectrofotometria de UV-Visível (Silva e Queiroz, 2002; Lopes e Santana, 2005). Alguns destes métodos quantificam a proteína através da determinação da quantidade de azoto total.

O método de Kjeldahl é composto por três etapas distintas, digestão, destilação e titulação. No processo de digestão, o azoto orgânico é transformado em amónia (NH_4^+) e os compostos orgânicos são convertidos em água e dióxido de carbono (Lopes e Santana, 2005). A digestão é realizada em temperatura próxima a 400ºC, com ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado e uma mistura catalítica, composta por sulfato de sódio ou potássio, que aumenta o ponto de ebulição do ácido sulfúrico, e sulfato de cobre pentaidratado. Esta digestão demora cerca de duas a quatro horas. Antes da destilação, a amostra digerida é tratada com hidróxido de sódio (NaOH) para que ocorra a formação de amoníaco que pode ser destilado por arrastamento de vapor. Após a destilação, realiza-se a titulação do destilado com uma solução ácida (normalmente HCl 0,1N) na presença de um indicador corado (Silva e Queiroz, 2002).

Esta análise não permite diferenciar o azoto proteico (constituinte das proteínas) do azoto não proteico (NNP), por isso atribuiu-se ao resultado da análise o termo de proteína bruta (PB). O teor de PB é determinado a partir da multiplicação do teor de N total da amostra pelo fator de transformação do azoto (N x 6,25) (Van Soest, 1994).

O valor 6,25 baseia-se no facto de que em média o azoto dos alimentos corresponde a 16% do peso da proteína (Lana, 2005). Mas este valor fixo de 6,25, ou 16% de N na PB, nem sempre é verdadeiro, como mostra o quadro 1.3

Quadro 1.3 Conteúdo de azoto na proteína bruta de alguns alimentos (Fonte: Adaptada de Silva e Queiroz, 2002 e Van Soest,1994).

Alimentos	Proteína Bruta (%)	Fator específico
Folha de milho	14,4	6,94
Grão de milho	16,0	6,25
Farelo de algodão	18,9	5,29
Farelo de trigo	15,8	6,33
Grão de trigo	17,8	5,61
Farinha de trigo	15,4	5,70

O método de Dumas consiste na queima completa da matéria orgânica a uma temperatura de 700-750 ºC utilizando como catalisador o óxido cúprico na presença de oxigénio. Todo o azoto orgânico presente na amostra é transformado em gás (NO_2), sendo posteriormente reduzido a N_2, que é libertado e determinado por condutividade térmica (Lopes e Santana, 2005).

No método espectrofotómetrico de reflectância no infravermelho proximo é possível estimar o teor de azoto total e a composição de aminoácidos da proteína. Trata-se de um método físico em que não há destruição da amostra, não utiliza qualquer tipo de reagente, não há desperdício nem produção de compostos tóxicos ou nocivos para a saúde, sendo ainda

uma técnica extremamente rápida. A metodologia consiste em inserir a amostra no equipamento, que realizará a leitura, então a partir de equações de regressão o equipamento fornece a estimativa do teor de proteína bruta na amostra (Lopes e Santana, 2005).

1.7.2.8 Determinação da acidez

Durante o armazenamento das farinhas ocorrem vários fenómenos diferentes que levam ao aumento da sua acidez. Esses fenómenos incluem as reações de hidrólise gradual de lípidos produzindo ácidos gordos, hidrólise de proteínas, produzindo aminoácidos e separação enzimática da fitina, produzindo ácido fosfórico. Os lípidos, apesar de presentes em níveis baixos no grão e na farinha de trigo, são responsáveis pelos problemas de rancificação (rancidez hidrolítica e oxidativa) nestes produtos, visto serem predominantemente insaturados, e, por isso, potencialmente sensíveis à oxidação. O processo de oxidação é espontâneo e inevitável, ocorrendo através de mecanismos enzimáticos, pela ação de lipoxigenases (LOX), podendo causar modificações na cor da farinha, perdas na textura, alterações no sabor e no odor, e ainda alterações nutricionais, que resultam da degradação de vitaminas, aminoácidos e ácidos gordos essenciais. As alterações organolépticas resultantes de todos estes processos são responsáveis pela redução da aceitabilidade destes produtos pelos consumidores (Ortolan *et al*., 2010).

1.7.2.9 Índice de sedimentação – Zeleny

O ensaio de Zeleny, ou teste de sedimentação, é um método analítico que permite estimar a qualidade e quantidade de glúten e por conseguinte o valor panificável de trigos destinados à panificação (Mandarino, 1993).

O método consiste na suspensão da farinha a analisar, preparada a partir de uma amostra de trigo moída e peneirada, sob condições específicas, numa solução de ácido láctico, na presença de azul de bromofenol. Após tempos de agitação e de repouso definidos é determinado o volume do depósito resultante da sedimentação das partículas de farinha o qual é representado pelo índice de Zeleny (NP1871/1998 e ISSO 5529/1992).

No quadro 1.4 está indicada a classificação dos trigos de acordo com o valor de sedimentação.

Quadro 1.4 Classificação dos trigos de acordo com o índice de sedimentação (adaptado de Mandarino, 1993).

Índice de Sedimentação (mL)	Caracterização dos trigos		
	Proteína (%)	Qualidade do glúten	Tipo de trigo
>40	>12	Elevada	Trigo melhorador
20-39	<12	Média	Trigo panificável
<20	<12	Fraca	Trigo bolacha

1.7.2.10 Determinação do amido danificado

Uma fração significativa dos grânulos de amido é danificada durante a operação de moagem do trigo. Este dano mecânico, na estrutura do grânulo, afeta amplamente as propriedades do amido. O amido danificado tende a apresentar uma maior absorção de água e uma maior suscetibilidade à hidrólise enzimática (Torbica *et al.*, 2007). Nesta determinação, os grânulos de amido danificado de amostras de farinha de trigo são hidratados e em seguida sofrem hidrólise enzimática pela α-amilase (método AACC 76-30, 1984).

1.7.2.11 Determinação da capacidade de retenção de solvente (CRS)

Os testes de capacidade de retenção de solventes foram originalmente projetados para prever a funcionalidade de farinha dos trigos norte-americanos (Gaines, 2000). Este ensaio foi desenvolvido para caracterizar e avaliar a qualidade do trigo mole destinado ao fabrico de produtos de panificação (Slade e Levine, 1994). O método de capacidade de retenção de solvente foi aprovado como uma execelente ferramenta na avaliação do processo de panificação da farinha de trigo. Este teste mede a capacidade de retenção na farinha de um conjunto de quatro solventes após centrifugação e é largamente utilizado como indicador em programas de melhoramento genético de trigo mole (Guttieri e Souza, 2003; Ram e Singh 2003), no processo de moagem e de qualidade da farinha (Guttieri *et al.*, 2002; Bettge *et al.,* 2002; Kweon *et al.*, 2009).

A capacidade de retenção de solvente pode ser determinada através do peso de solvente que é retido pela farinha, após a centrifugação (figura 1.10). Este valor é expresso como a percentagem do peso da farinha, com base em 14% de humidade. Os solventes são utilizados de forma independente para produzir quatro valores de CRS. Os solventes utilizados são a água, solução de sacarose a 50%, solução de carbonato de sódio a 5% e solução de ácido láctico a 5% (Método AACC 56-11.02).

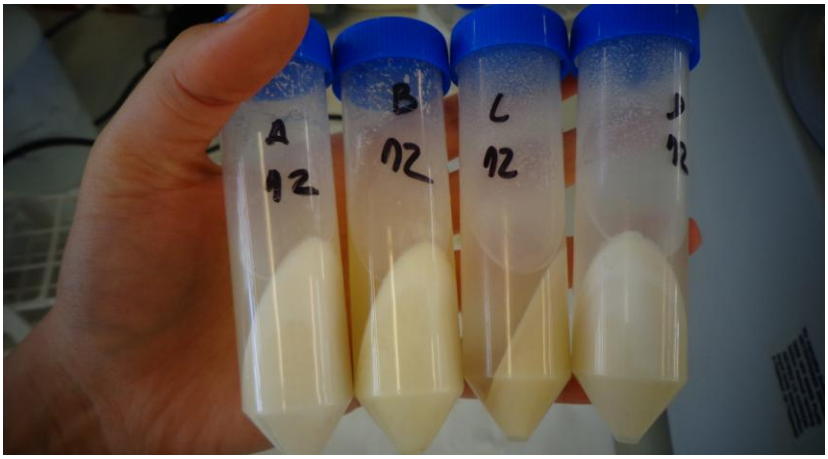


Figura 1.9 Tubos com solventes e amostra de farinha após centrifugação.

A capacidade de retenção da água tem sido associada com a capacidade total de retenção de todos os constituintes da farinha (Gaines, 2000; Kweon *et al*., 2009). A capacidade de retenção do carbonato de sódio acredita-se estar relacionada com as características do amido danificado da farinha, uma vez que a solução de carbonato de sódio a 5% eleva o pH acima de 11 (Gaines, 2000), pH ao qual os grupos hidroxilo do amido começam a hidrolisar (Kitamura *et al*., 1982; Matsunaga e Seib, 1997). O solvente sacarose fornece uma indicação do conteúdo de pentosanas na farinha (Gaines, 2000; Slade e Levine, 1994). Por último, o ácido láctico está associado com a formação da rede de glutenina e força do glúten da farinha, porque o pH inferior a 7 favorece o inchamento e formação de polímeros de glúten em relação aos polissacarídeos (Gaines, 2000; Slade e Levine, 1994). Assim, os diferentes aspetos da qualidade da farinha são perfilados por cada um dos quatro valores de CRS (Gaines, 2000).

Na quadro seguinte apresenta-se a capacidade de retenção de água dos principais componentes da farinha após ter sido submetida a temperatura de gelatinização do amido, podendo ver-se de forma clara a importância que os designados “pequenos” componentes têm na absorção de água e consequentemente na aptidão dos trigos.

Quadro 1.5 Capacidade de retenção de água dos principais componentes da farinha após temperatura de gelatinização (Fonte: Bushuk, 1997).

Componente	Teor em 100 g de farinha	Absorção de água		Distribuição de água (%)
		g/g base seca	g/100 g farinha	
Amido (gelatinizado)	68			
Granular		0,44	25,4	26,4
Danificado		2,00	18,4	19,1
Glúten	14	2,15	30,0	31,2
Pentosanas	1,5	15,00	22,5	23,4

2. Materiais e Métodos

2.1 Amostras

As amostras de farinhas de trigo utilizadas neste trabalho foram provenientes da moagem da Cerealis - Centro de Produção de Lisboa e foram recolhidas e analisadas no período compreendido entre Janeiro e Julho de 2014. As amostras recolhidas foram amostras médias da moenda de lotes de farinha com características panificáveis. Foram então estudadas duas amostras de farinha tipo 65 (amostras T65P2 e T65P3) cujas diferenças provêm dos lotes de trigo utilizados na moenda e do diagrama de moagem.

2.2 Caraterização físico-química

2.2.1 Teor de humidade

O teor de humidade da farinha foi determinado segundo a Norma Portuguesa 516:2000. Segundo o especificado pela norma pesou-se numa balança analítica 5,000g com a precisão de 0,001g, para um pesa-filtros previamente seco e tarado, juntamente com a tampa. De seguida colocou-se o pesa-filtros aberto contendo a amostra para análise juntamente com a tampa na estufa (Memmert, U30), durante 90 min ± 5 min a 130 ± 3ºC. Retirou-se o pesa-filtros da estufa, fechou-se e colocou-se no exsicador. Após 30 min pesou-se com a aproximação de 0,001g.

O teor de água, *H*, expresso como uma percentagem em massa do produto, foi calculado pela seguinte fórmula:

$$H\ (\%) = 1 - \left(\frac{massa\ da\ toma\ após\ \sec agem\ (g)}{massa\ da\ toma\ \ para\ análise\ (g)} \right) \times 100 \qquad \text{(Equação 1)}$$

2.2.2 Teor de cinza

A cinza foi determinada na farinha segundo a Norma Portuguesa 519:1993 edição 4. Preparou-se o cadinho de quartzo tal como descrito na referida norma. Pesou-se 5,0000g com precisão de 0,0001g da amostra para o cadinho. Colocou-se o cadinho na mufla (Nabertherm, LE14/11/R6) a 900 ± 10ºC, até que o produto se inflame, e durante 120min, para que ocorra a combustão total da amostra. Retirou-se o cadinho da mufla, deixou-se arrefecer durante 1 minuto sobre uma placa de material termorresistente e logo depois no exsicador. Após o cadinho ter atingido a temperatura ambiente pesou-se com aproximação de 0,0001g.

O teor de cinza, C, expresso em percentagem em massa, foi calculado através da seguinte fórmula:

$$C\,(\%) = \left(\frac{massa\ da\ amostra\ (g)}{massa\ do\ resíduo\ (g)} \right) \times 100 \qquad \text{(Equação 2)}$$

2.2.3 Teor de glúten húmido e seco

O teor de glúten húmido e seco da farinha foi determinado segundo as Normas Portuguesas 1869 e 2244, respetivamente. Pesou-se cerca de 10g de farinha com precisão de 0,01g e colocou-se num almofariz. Juntou-se lentamente 5,0 mL de água destilada à amostra no almofariz e amassou-se continuamente com o pilão de modo a formar uma bola. Posteriormente amassou-se com a mão, tendo o cuidado de recolher todas as partículas da amostra existentes no almofariz, para se evitar perdas.

Colocou-se a amostra num vidro de relógio e deixou-se coberto com um pano húmido, em repouso durante 20 min. Lavou-se a amostra em água corrente, para se eliminar toda a fase amilácea da farinha. Secou-se o excesso de água e pesou-se o glúten húmido.

O glúten seco foi obtido por pesagem após secagem no equipamento Glutork 2020 (Perten Instruments), calculando-se a percentagem de glúten seco na farinha. Os teores em glúten húmido (GH) e glúten seco (GS) foram calculados através das seguintes fórmulas:

$$GH\,(\%) = \frac{massa\ glúten\ extraído\ após\ lavagem\,(g)}{toma\ da\ amostra\,(g)} \times 100 \qquad \text{(Equação 3)}$$

$$GS\,(\%) = \left[\frac{\left(massa\ glúten\ \text{seco}\,(g) \times toma\ da\ amostra\,(g)\right)}{\left(100 - humidade\ da\ farinha\,(\%)\right)}\right] \times 100 \qquad \text{(Equação 4)}$$

2.2.4 Determinação da proteína

A determinação da proteína foi realizada por espectrofotómetro de reflectância no infravermelho proximo (NIR), utilizando um equipamento de marca Foss, modelo Infratec™ 1241.

A amostra de farinha foi colocada numa cápsula e inserida diretamente no aparelho NIR. Após alguns segundos, o aparelho fornece diretamente o valor de proteína.

2.2.5 Determinação da capacidade de retenção de solventes

A análise da capacidade de retenção de solventes (CRS) na farinha foi realizada segundo o método internacional AACC 56-11.02. Conforme o método, foram utilizados os seguintes solventes: água desionizada, solução de sacarose a 50% (p/p), solução de carbonato de cálcio a 5% (p/p) e solução de ácido láctico a 5% (p/p).

Pesaram-se quatro tubos de centrífuga de 50 mL de capacidade com as respetivas tampas. Posteriormente pesou-se 5,000g com a precisão de 0,050g de farinha com um teor de humidade conhecida. Prepararam-se 4 tubos de ensaio contendo 25,00±0,05g de cada um dos solventes, e adicionou-se cada um dos solventes a um tubo de centrífuga com a farinha.

Colocou-se a tampa em cada tubo de centrífuga e agitou-se vigorosamente, durante cerca de 5 seg, de forma a criar uma suspensão.

Deixou-se a suspensão em repouso durante 20 min, agitando a cada 5, 10, 15 e 20 min. Transferiram-se os 4 tubos para a centrífuga (Hermle, Z206A) e centrifugou-se a 1000x*g* durante 15 min após a velocidade pretendida ter sido atingida. Decantou-se o sobrenadante e drenou-se cada tubo a 90º durante 10 min numa toalha de papel. No final os tubos foram tapados e pesados. Determinou-se o peso do gel formado subtraindo o peso do tubo e da tampa ao peso do tubo com a tampa e com o gel.

A capacidade de retenção para cada solvente, ou seja a massa de solvente retido pela farinha após centrifugação, normalizada para uma farinha com 14% de humidade (portanto com 86 g de peso seco por cada 100g) foi calculada através da seguinte fórmula:

$$CRS\ (\%) = \left[\left(\frac{peso\ do\ gel\ (g)}{peso\ da\ farinha\ (g)} - 1\right)\right] \times \left[\left(\frac{86}{100 - humidade\ da\ farinha\ (\%)}\right)\right] \times 100$$

(Equação 5)

2.3 Caraterização reológica

2.3.1 Ensaio alveográfico

Os ensaios alveográficos das farinhas de trigo foram realizados no alvéografo Chopin NG, segundo a Norma ISO 27971:2008.

Pesou-se 250,0g de farinha de trigo e colocou-se na amassadeira. Em seguida, colocou-se o alvéografo em funcionamento e adicionou-se uma quantidade de solução de cloreto de sódio a 2,5% (p/v), determinada pela humidade da farinha. Após 1 min, desprendeu-se a massa das paredes e da tampa com o auxílio de uma espátula, e amassou-se até aos 8 min. Procedeu-se à extração de 5 amostras e colocou-se na câmara de repouso isotérmica até aos 28 min. Terminado este tempo insuflou-se cada uma das amostras até se dar o rebentamento da massa.

2.3.2 Ensaio farinográfico

O ensaio farinográfico foi realizado no farinógrafo Brabender, modelo B10101, segundo a Norma Portuguesa 3653:2000.

Pesou-se com a precisão de 0,01g, uma determinada quantidade de farinha, com base no teor de humidade. A quantidade de amostra (m) a colocar para uma amassadeira de 300g é a seguinte:

$$m\,(g) = \left(\frac{3 \times 100 \times 86}{100 - humidade\ da\ \ farinha\ (\%)} \right) \qquad \text{(Equação 6)}$$

Colocou-se a farinha na amassadeira e adiciona-se com uma bureta graduada, um volume de água próximo daquele que se prevê para que se atinja o máximo de consistência, correspondente a 500 UF. Quando se verificou que a farinha e a água formaram uma massa, raspou-se com uma espátula de plástico, as paredes da amassadeira. Após 12 min terminou-se o ensaio e fez-se a leitura dos parâmetros no gráfico.

2.4 Análise Estatística

Para avaliação dos resultados experimentais, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) com duas variáveis e determinada a significância pelo teste F tendo-se usado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para estudo comparativo das médias.

Os resultados obtidos para cada uma das variáveis foram submetidos a testes de normalidade, efetuado com o programa STATPLUS mac 2009.

3. Resultados e Discussão

3.1. Resultados das análises

3.1.1. Parâmetros físico-químicos

Os resultados das análises à humidade, cinza, glúten e proteína encontram-se nas figuras 3.1 a 3.5. Os resultados mais detalhados apresentam-se nos anexos A e B.

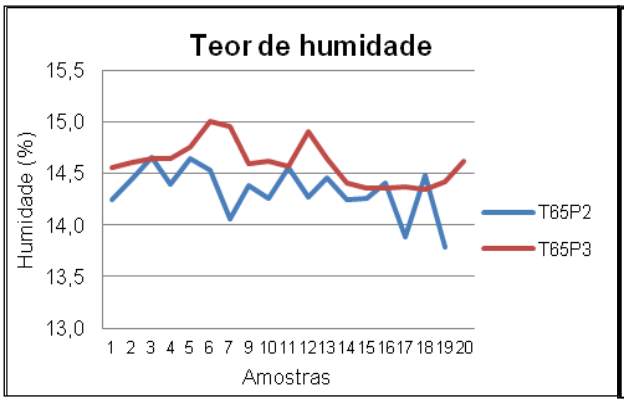


Figura 3.1 Humidade determinada em estufa para as farinhas T65P2 e T65P3.

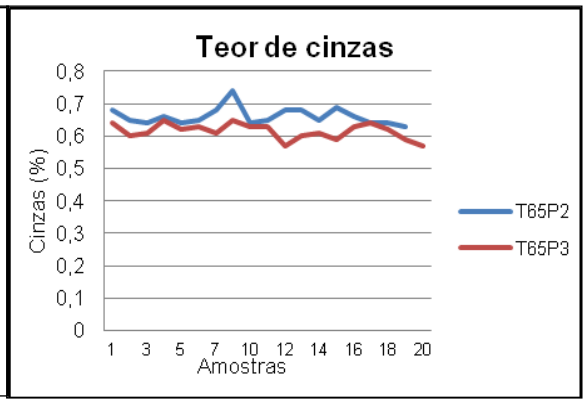


Figura 3.2 Cinza determinada em mufla para as farinhas T65P2 e T65P3.

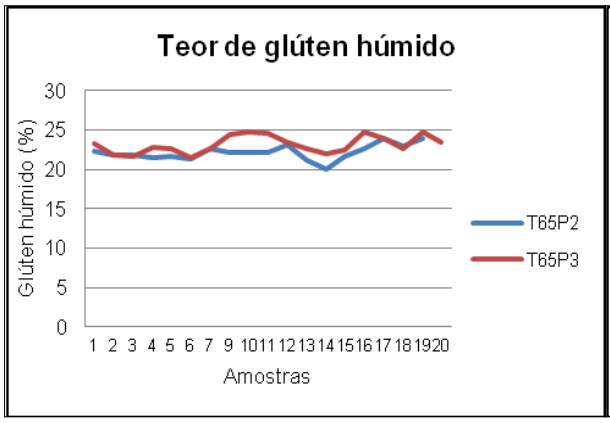


Figura 3.3 Glúten húmido para as farinhas T65P2 e T65P3.

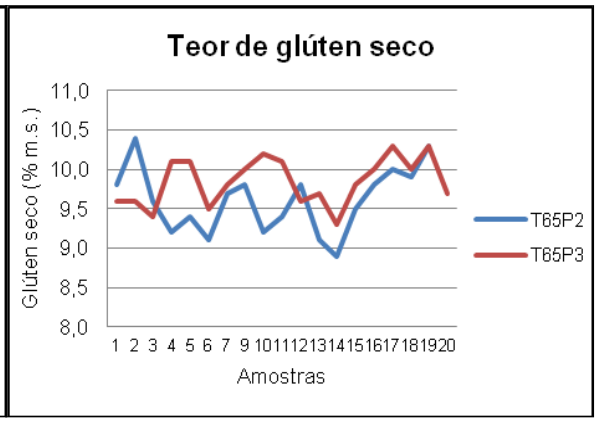


Figura 3.4 Glúten seco para as farinhas T65P2 e T65P3.

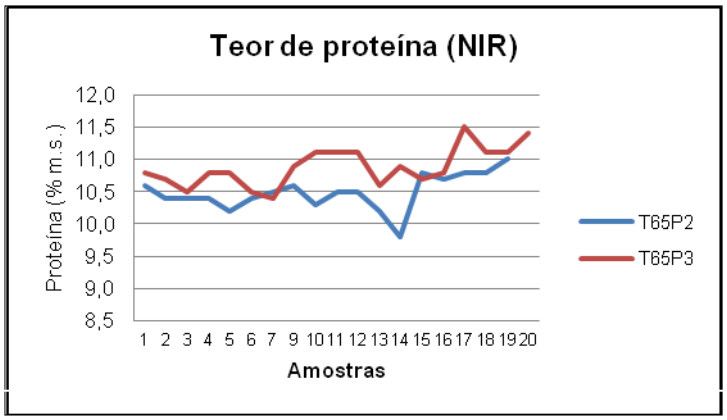


Figura 3.5 Proteína determinada pelo NIR das farinhas T65P2 e T65P3.

Para os parâmetros de humidade, glúten húmido, glúten seco e proteína verificou-se que a farinha T65P3 apresentou no geral, valores mais altos que a farinha T65P2. Assim, a percentagem de humidade para a farinha T65P2 oscilou, de uma maneira geral, entre os 14 e os 14,5%, enquanto que o mesmo teor para a farinha T65P3 oscilou na generalidade entre os 14,5 e os 15%. Em relação ao glúten seco os valores oscilaram entre os 9 e os 10,5% para a farinha T65P2 e os 9,5 e os 10,5% para a T65P3. O parâmetro glúten húmido foi mais semelhente entre as duas amostras em estudo. Assim, em ambas as amostras, os valores deste parâmetro oscilaram entre os 20 e os 25%. Em relação à proteína os valores para a amostra T65P2 variaram entre os 10 e os 11% enquanto que para a amostra T65P3 a variação foi entre os 10,5 e os 11,5%. Em relação ao teor em cinza verificou-se uma situação diferente. Com efeito, neste caso, a farinha T65P3 apresentou valores mais baixos do que a farinha T65P2. No entanto, os valores para este parâmetro não se distanciaram muito, tendo, oscilado entre os 0,6 e os 0,7% para ambas as farinhas. Os resultados obtidos nos ensaios de capacidade de retenção de solventes para ambas as farinhas encontram-se nas figuras 3.6 a 3.9. Os resultados mais detalhados apresentam-se nos anexos A e B.

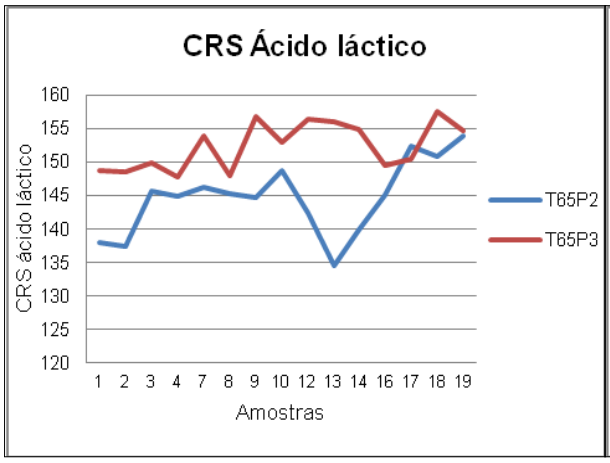


Figura 3.6 Capacidade de retenção de solventes do ácido láctico das farinhas T65P2 e T65P3.

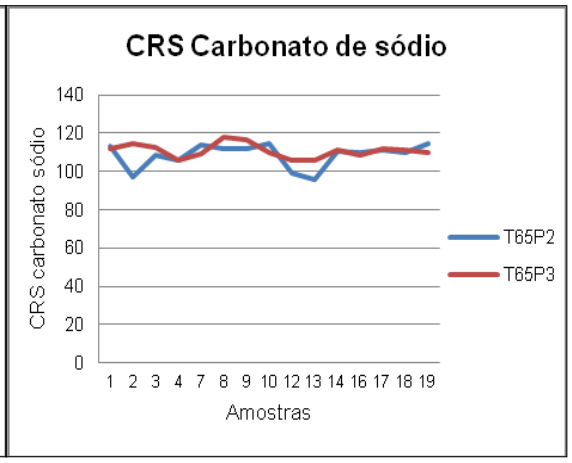


Figura 3.7 Capacidade de retenção de solventes do carbonato de sódio das farinhas T65P2 e T65P3.

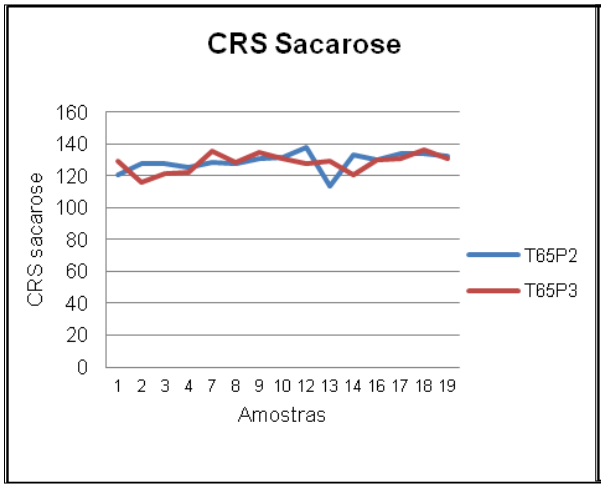


Figura 3.8 Capacidade de retenção de solventes da sacarose das farinhas T65P2 e T65P3.

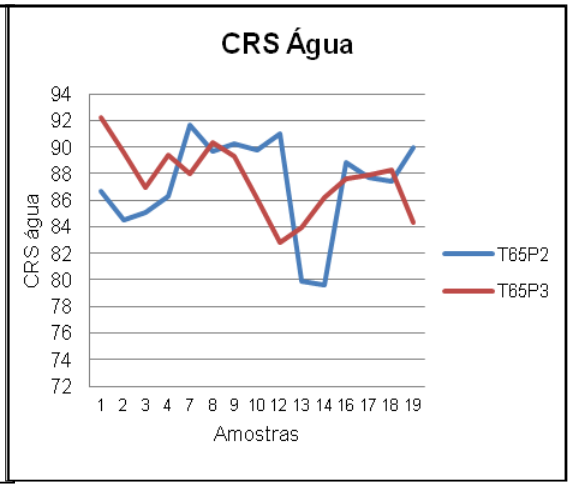


Figura 3.9 Capacidade de retenção de solventes da água das farinhas T65P2 e T65P3.

Em relação ao ácido láctico verifiou-se que a farinha T65P3 apresentou uma maior capacidade de retenção do que a farinha T65P2. Em relação aos restantes solventes (carbonato de sódio, sacarose e água), as amostras analisadas apresentaram valores similares, não sendo possível destacar uma farinha em relação a outra.

3.1.2. Parâmetros reológicos

Os resultados obtidos no ensaio alveográfico estão apresentados nas figuras 3.10 a 3.14. Os resultados mais detalhados apresentam-se nos anexos A e B.

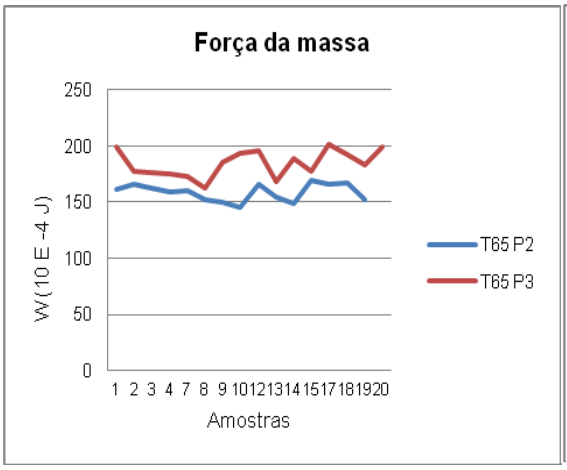


Figura 3.10 Força da massa das farinhas T65P2 e T65P3.

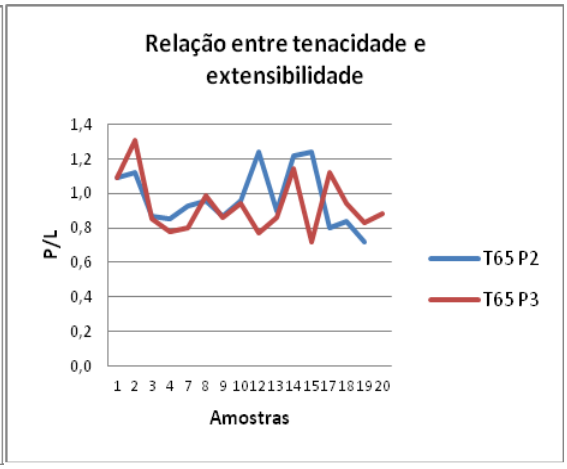


Figura 3.11 Relação entre a tenacidade e a extensibilidade das farinhas T65P2 e T65P3.

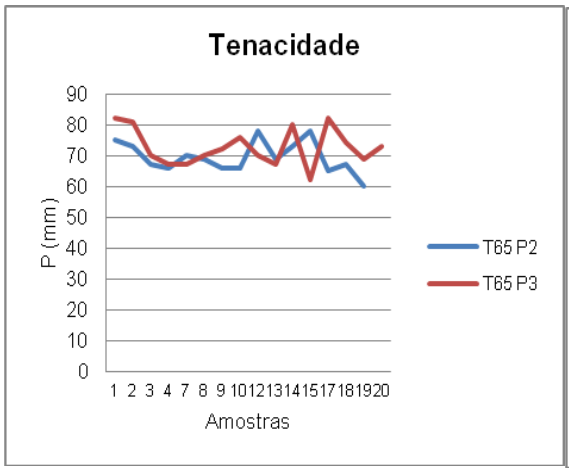


Figura 3.10 Tenacidade das farinhas T65P2 e T65P3.

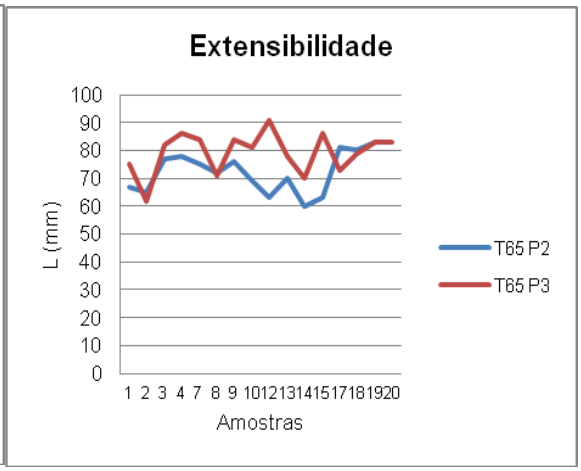


Figura 3.13 Extensibilidade das farinhas T65P2 e T65P3.

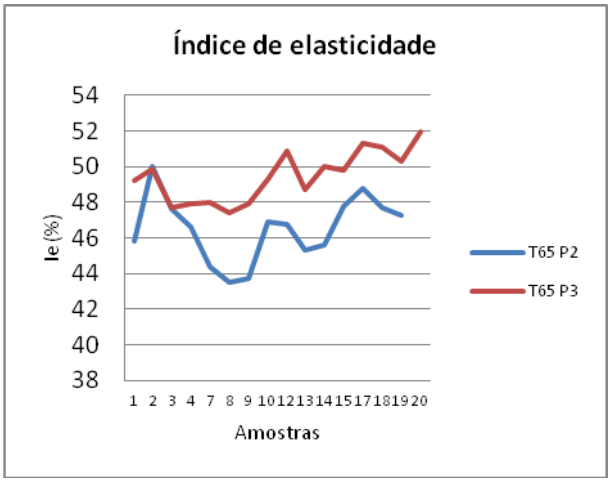


Figura 3.14 Índice de elasticidade das farinhas T65P2 e T65P3.

No ensaio alveográfico a farinha T65P3 destacou-se da farinha T65P2 por ter valores superiores na maioria das amostras para os parâmetros, força da massa, extensibilidade e índice de elasticidade.

Os resultados obtidos no ensaio farinográfico estão apresentados nas figuras 3.15 a 3.18. Os resultados mais detalhados apresentam-se nos anexos A e B.

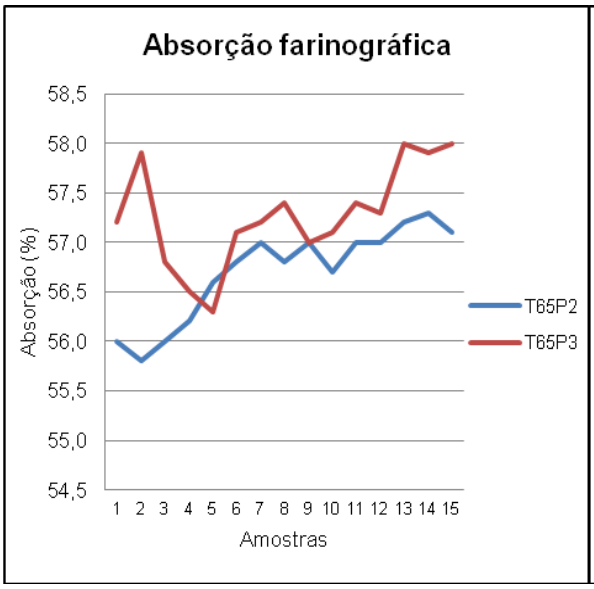


Figura 3.15 Absorção farinográfica das farinhas T65P2 e T65P3.

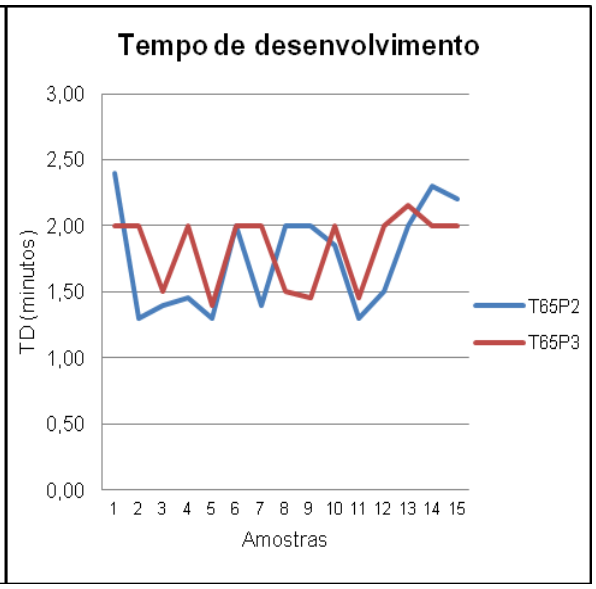
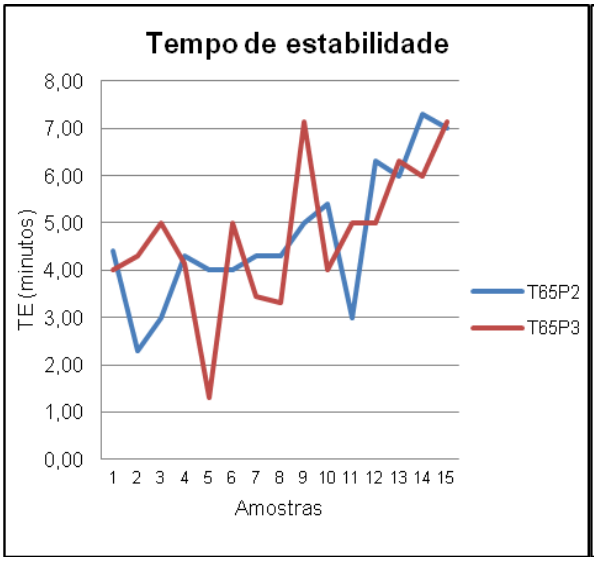


Figura 3.16 Tempo de desenvolvimento das farinhas T65P2 e T65P3.



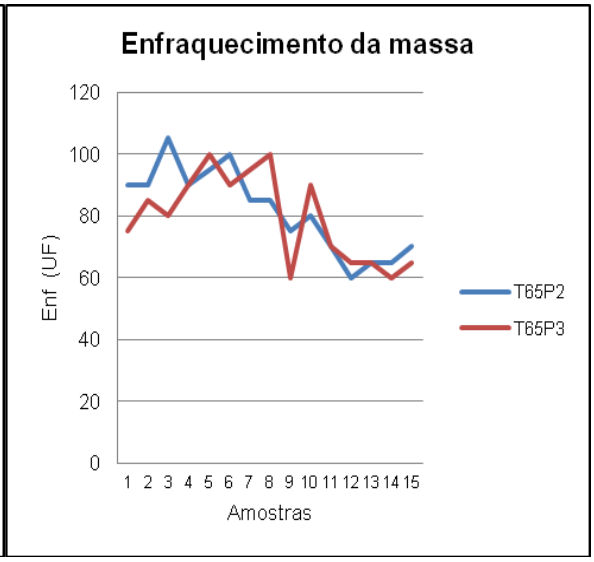


Figura 3.17 Tempo de estabilidade das farinhas T65P2 e T65P3.

Figura 3.18 Enfraquecimento da massa das farinhas T65P2 e T65P3.

No ensaio farinográfico, a maioria das amostras da farinha T65P3 apresentou um valor de absorção superior ao da farinha T65P2. Para os restantes parâmetros obtidos neste ensaio, ambas as farinhas apresentaram valores similares.

Para representar os resultados globais obtidos em todas as análises efectuadas para as farinhas T65P2 e T65P3 utilizou-se uma representação gráfica do tipo *Box-Plot*. Este tipo de gráfico (*Box-Plot*) permite efetuar uma representação gráfica da distribuição de dados de variáveis apresentando informações importantes como, por exemplo, a variabilidade e a simetria dos dados. Um *Box-Plot* consiste num retângulo, com o nível superior definido pelo terceiro quartil (Q3) e o nível inferior definido pelo primeiro quartil (Q1). A mediana é representada por um traço no interior da caixa, e os pontos máximo e mínimo são unidos à caixa por segmento de reta. O valor máximo é compreendido dentro do limite inferior = Q1 -1,5 (Q3 – Q1). O valor mínimo é compreendido dentro do limite superior = Q3 + 1,5 (Q3 – Q1) (Rotondaro *et al.*, 2008). A figura 3.19 apresenta um exemplo deste tipo de diagrama de caixa ou *Box-Plot*.

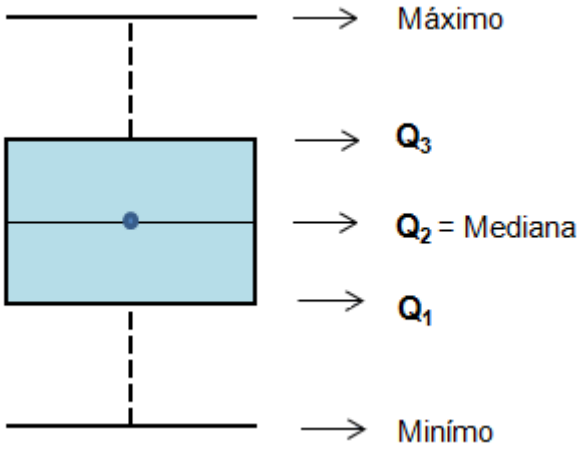


Figura 3.19 Exemplo de um diagrama de caixa (Fonte: autor).

Nas figuras 3.20 e 3.21 apresentam-se os diagramas de caixa para as variáveis determinadas para as farinhas T65P2 e T65P3. Esta forma de representação dos dados permite observar a variação de cada uma das variáveis determinadas.Os gráficos foram colocados lado a lado para permitir fazer uma interpretação não só das variações dentro de cada farinha mas também entre as duas farinhas.

Analisando cada tipo de farinha, verifica-se que tanto na T65P2 como na T65P3, existe um grupo de parâmetros com poucas variações e, consequentemente, baixa dispersão de dados. Este grupo de parâmetros é o mesmo em ambas as farinhas. Os parâmetros com pequenas variações são a humidade, a cinza, a relação P/L, o índice de elasticidade, o glúten húmido, o glúten seco, a proteína, a absorção, o tempo de desenvolvimento e o tempo de estabilidade. Por outro lado, os restantes parâmetros apresentam variações muito maiores em relação aos anteriormente referidos.

Uma análise ao posicionamento relativo e à altura de cada caixa revela que existem diferenças claras ao nível dos seguintes parâmetros: força da massa, extensibilidade e capacidade de retenção de solventes do ácido láctico.

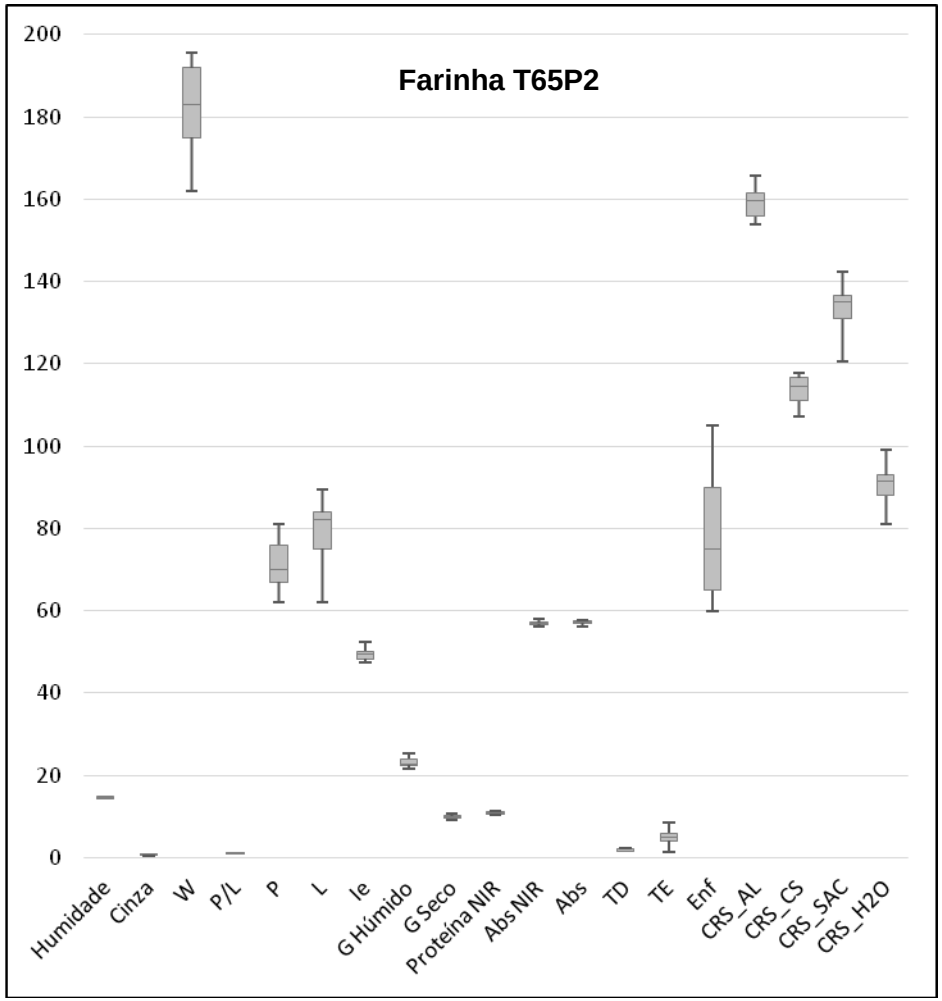


Figura 3.20 Diagrama de caixa dos parametros analisados na farinha T65P2.

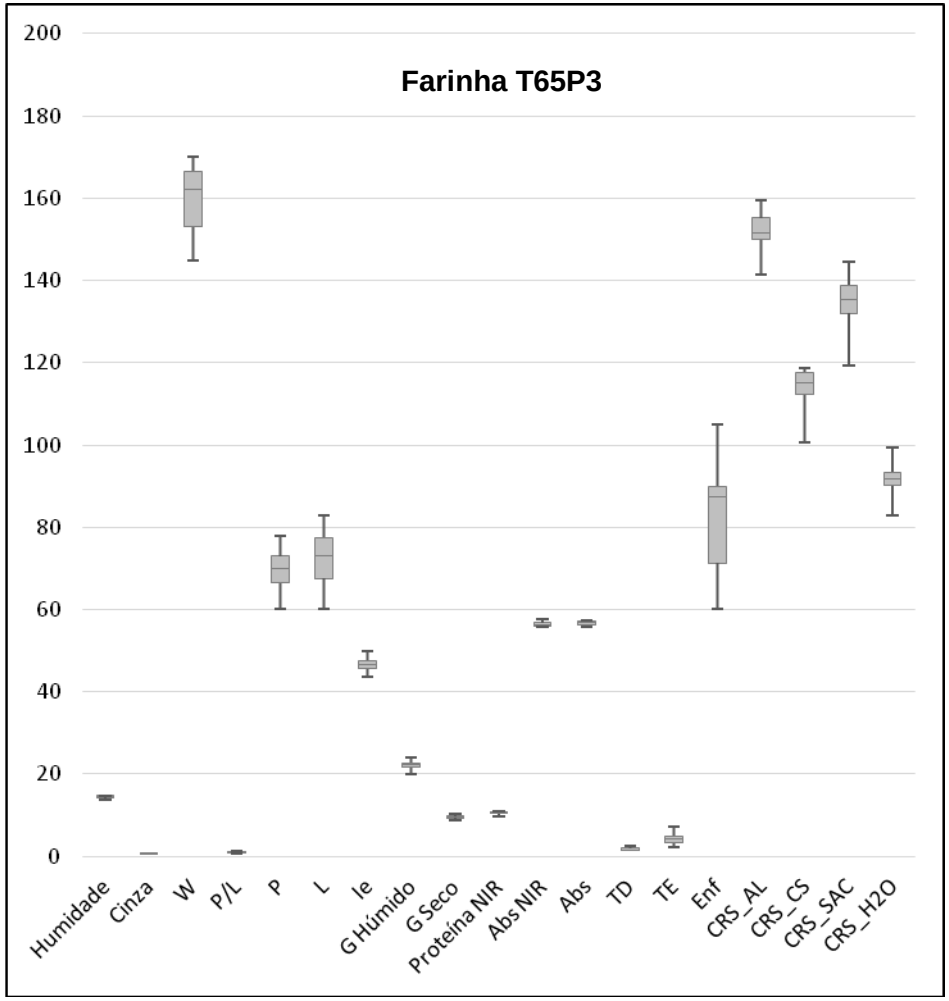


Figura 3.21 Diagrama de caixa dos parametros analisados na farinha T65P3.

3.2. Coeficientes de correlação

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida numérica da intensidade da relação linear entre duas variáveis. Este coeficiente está sempre compreendido entre -1 e 1. Valores positivos do coeficiente de correlação indicam que a regressão linear tem uma inclinação positiva, o que significa que quanto maiores os valores de uma variável, maiores os valores da outra associada. Os valores negativos do coeficiente de correlação indicam que a reta de mínimos quadrados tem uma inclinação negativa, o que significa que quanto maiores os valores de uma variável, menores os valores da outra variável asociada (Navidi, 2012).

Os valores próximos a 1 ou a -1 indicam uma relação linear intensa e os valores próximos de zero indicam uma fraca relação linear, isto significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra (Magalhães, 2006).

O coeficiente de correlação é adimensional. Este fator é importante porque permite comparar as intensidades das relações de linearidade entre duas variáveis, mesmo que as unidades de grandeza sejam diferentes entre si (Navidi, 2012).

Neste trabalho, os coeficientes de correlação serão determinados para tentar estabelecer quais os perfis de CRS que mostram correlações positivas ou negativas com os outros parâmetros determinados.

Os coeficientes de correlação referentes às farinhas T65P2 e T65P3 estão apresentados nos quadros 3.1 e 3.2, respetivamente:

Quadro 3.1 Matriz de correlação da farinha T65P2.

	H	C	W	P/L	P	L	Ie	G húmido	G seco	Prot NIR	Abs NIR	Abs	TD	TE	Enf	CRS AL	CRS CS	CRS SAC	CRS H_2O
H																			
C	0,021																		
W	0,325	-0,129																	
P L	0,190	0,232	0,187																
P	0,337	0,278	0,466	0,917															
L	-0,167	-0,250	0,059	-0,948	-0,803														
Ie	0,002	-0,469	0,476	0,052	-0,003	-0,001													
G húmido	-0,507	-0,125	0,212	-0,404	-0,357	0,485	0,376												
G seco	-0,341	-0,020	0,281	-0,190	-0,185	0,259	0,531	0,756											
Proteína NIR	-0,418	0,056	0,341	-0,377	-0,283	0,493	0,360	0,827	0,708										
Abs NIR	-0,030	0,431	0,107	0,503	0,526	-0,446	-0,137	0,094	-0,022	0,262									
Abs	-0,507	0,089	-0,246	-0,132	-0,267	0,115	-0,027	0,431	0,081	0,369	0,167								
TD	-0,443	-0,210	-0,132	-0,240	-0,237	0,219	0,056	0,571	0,302	0,470	0,238	0,347							
TE	-0,461	-0,142	0,015	-0,553	-0,519	0,575	0,199	0,725	0,394	0,682	-0,049	0,655	0,665						
Enf	0,397	0,089	-0,083	0,066	0,153	-0,092	-0,431	-0,408	-0,297	-0,337	0,155	-0,647	-0,313	-0,684					
CRS AL	-0,142	-0,450	0,151	-0,463	-0,441	0,585	0,144	0,549	0,175	0,477	-0,064	0,424	0,191	0,425	-0,095				
CRS CS	-0,358	-0,047	-0,167	-0,246	-0,274	0,331	-0,245	0,147	-0,069	0,286	0,119	0,258	0,201	0,261	-0,088	0,444			
CRS SAC	-0,190	-0,102	0,122	0,283	0,115	-0,156	0,302	0,375	0,254	0,290	0,323	0,707	0,038	0,204	-0,323	0,530	0,148		
CRS H_2O	-0,094	0,135	0,218	-0,013	0,065	0,147	-0,086	0,527	0,264	0,524	0,488	0,241	0,115	0,160	0,256	0,611	0,267	0,529	

Quadro 3.2 Matriz de correlação da farinha T65P3.

	H	C	W	P/L	P	L	Ie	G húmido	G seco	Prot NIR	Abs NIR	Abs	TD	TE	Enf	CRS AL	CRS CS	CRS SAC	CRS H_2O
H																			
C	-0,095																		
W	-0,048	-0,086																	
P L	-0,149	0,233	0,273																
P	-0,089	0,248	0,624	0,909															
L	0,187	-0,241	0,006	-0,946	-0,748														
Ie	-0,301	-0,551	0,670	0,169	0,309	-0,030													
G húmido	-0,115	-0,240	0,517	-0,001	0,150	0,151	0,587												
G seco	0,061	-0,074	0,560	0,033	0,235	0,098	0,503	0,714											
Proteína NIR	-0,453	-0,150	0,668	-0,055	0,168	0,233	0,711	0,784	0,587										
Abs NIR	-0,561	0,220	0,461	0,616	0,659	-0,485	0,365	0,400	0,152	0,454									
Abs	-0,625	-0,193	0,490	0,453	0,499	-0,338	0,618	0,592	0,474	0,678	0,702								
TD	-0,502	0,390	-0,127	0,387	0,250	-0,475	-0,052	-0,176	-0,224	-0,052	0,351	0,318							
TE	-0,382	-0,351	0,285	-0,085	-0,011	0,147	0,596	0,428	0,501	0,585	0,070	0,440	0,038						
Enf	0,439	0,432	-0,493	-0,102	-0,219	0,003	-0,780	-0,305	-0,449	-0,541	-0,199	-0,482	-0,043	-0,824					
CRS AL	0,162	-0,418	0,330	-0,319	-0,142	0,405	0,280	0,408	0,371	0,275	-0,088	0,219	-0,315	0,064	-0,139				
CRS CS	-0,356	0,294	0,035	0,410	0,359	-0,399	-0,207	-0,025	-0,124	0,073	0,373	0,336	0,294	-0,227	0,236	-0,099			
CRS SAC	0,048	0,120	0,329	-0,270	-0,062	0,329	0,126	0,290	0,473	0,352	-0,068	0,071	-0,128	-0,050	-0,038	0,522	0,105		
CRS H_2O	-0,040	0,632	0,047	0,291	0,308	-0,225	-0,361	-0,051	0,033	0,001	0,171	-0,036	0,097	-0,300	0,302	-0,257	0,573	0,285	

Na análise dos dados considerou-se, por convenção própria, que coeficientes de correlação, positivos iguais ou superiores a +0,55 e negativos iguais ou inferiores a -0,55 seriam considerados moderados ou fortes e consequentemente objecto de referência.

Para as farinhas T65P2 e T65P3 as correlações positivas e negativas entre os parâmetros analisados estão expressas nos quadros 3.3 e 3.4, respetivamente:

Quadro 3.3 Correlações positivas e negativas entre os parâmetros analisados na farinha T65P2.

	P L	P	L	G húmido	G seco	Proteína NIR	Abs	TD	TE	Enf	CRS AL
P	0,917										
L	-0,948	-0,803									
G seco				0,756							
Proteína NIR				0,827	0,708						
TD				0,571							
TE	-0,553		0,575	0,725		0,682	0,655	0,665			
Enf							-0,647		-0,684		
CRS AL			0,585								
CRS SAC							0,707				
CRS H_2O											0,611

Quadro 3.4 Correlações positivas e negativas entre os parâmetros analisados na farinha T65P3.

	H	C	W	P/L	P	Ie	G húmido	G seco	Proteína NIR	Abs NIR	TE	CRS CS
P			0,624	0,909								
L				-0,946	-0,748							
Ie		-0,551	0,670									
G húmido						0,587						
G seco			0,560				0,714					
Proteína NIR			0,668			0,711	0,784	0,587				
Abs NIR	-0,561			0,616	0,659							
Abs	-0,625					0,618	0,592		0,678	0,702		
TD												
TE						0,596			0,585			
Enf						-0,780					-0,824	
CRS SAC												
CRS H_2O		0,632										0,573

Para a farinha T65P2, verificaram-se correlações fortemente positivas (coeficiente de correlação superior a 0,8) entre os parâmetros tenacidade (P) e P/L e proteína NIR e glúten húmido. Por outro lado, verificaram-se correlações fortemente negativas entre os parâmetros extensibilidade (L) e P/L, bem como entre os parâmetros L e P. As correlações entre os parâmetros P e P/L bem como L e P/L já eram esperadas visto o parâmetro P/L resultar de uma relação entre estas duas variáveis.

Para os parâmetros da capacidade de retenção de solventes é de realçar a existência de correlações moderadamente positivas entre a absorção e a CRS da sacarose, entre a CRS do ácido láctico e a extensibilidade (L) e entre a a CRS do ácido láctico e a da CRS da água.

Na farinha T65P3 verifica-se também, tal como na farinha T65P2, uma forte correlação positiva entre os parâmetros P e P/L e uma forte correlação negativa entre P/L e L bem como entre o enfraquecimento e o tempo de estabilidade. Neste tipo de farinha constatou-se uma correlação positiva entre a CRS da água e o teor em cinza (C) e a CRS da água e a CRS do carbonato de sódio.

Outros autores analisando 19 amostras de farinha de trigo comercial, obtiveram correlações positivas entre a capacidade de retenção de solvente da água, do carbonato de sódio e da sacarose. Não se correlacionando a capacidade de retenção do ácido láctico com a capacidade de retenção dos outros solventes (Duyvejonck *et al.,*2012).

3.3. Análise de variância

De forma a verificar a existência ou não de diferenças significativas entre os parâmetros determinados para T65P2 e para T65P3 os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Este teste é usado para comparar a média aritmética de três ou mais grupos populacionais, através da análise de variâncias amostrais.

Para realizar a ANOVA foram criados quatro grupos de variáveis de forma a facilitar a análise. No grupo 1 realizou-se a análise estatistica da humidade, cinza, glúten húmido, glúten seco e proteína NIR. No grupo 2 realizou-se a análise aos valores obtidos no ensaio alveográfico, sendo eles, a força da massa, a tenacidade, a extensibilidade, a relação entre a tenacidade e extensibilidade e o índice de elasticidade. No grupo 3 realizou-se a mesma análise aos valores obtidos no ensaio farinográfico, absorção, tempo de desenvolvimento, tempo de estabilidade e enfraquecimento. Por ultimo, no grupo 4 procedeu-se à análise estatística da capacidade de retenção de solvente do ácido láctico, do carbonato de sódio, da sacarose e da água.

De modo a decidir se as médias de cada variável são iguais ou diferentes para cada população utilizou-se o critério de comparação do F com o F crítico. Se F > F crítico a hipótese nula, isto é, a hipótese da igualdade entre populações é rejeitada e conclui-se que existem diferenças significativas. Também se conclui que quanto maior o F maior a diferença verificada. Os resultados da análise de variância (ANOVA) apresentam-se no anexo C. No seguinte quadro 3.5 apresenta-se um resumo do F e F crítico para todos os parâmetros analisados.

Quadro 3.5 : valores de F e F crítico dos parâmetros analisados.

	Parâmetros	F	F crítico
Parâmetros físico-químicos	Humidade	15,2411	4,0982
	Cinza	33,1654	4,0982
	Glúten húmido	9,8000	4,1050
	Glúten seco	5,0218	4,1054
	Proteína	19,0470	4,1132
	CRS ácido láctico	24,1251	4,0982
	CRS sacarose	0,6020	4,0982
	CRS carbonato de sódio	0,0608	4,0982
	CRS água	1,0153	4,0982
Parâmetros reológicos: ensaio alveográfico	Força da massa	52,2390	4,0982
	Tenacidade	1,5829	4,0982
	Extensibilidade	11,2677	4,0982
	Relação tenacidade/extensibilidade	1,4330	4,0982
	Índice de elasticidade	36,5734	4,0982
Parâmetros reológicos: ensaio farinográfico	Absorção	14,2308	4,1132
	Tempo de desenvolvimento	0,4561	4,1132
	Tempo de estabilidade	1,5313	4,1132
	Enfraquecimento	1,8202	4,1132

Nos parâmetros de humidade, cinza, proteína, glúten seco, glúten húmido, força da massa, extensibilidade, índice de elasticidade, absorção e capacidade de retenção de solventes do ácido láctico verificou-se que o valor de F é superior ao do F critico, o que significa que existem diferenças significativas.

Os parâmetros que apresentaram médias iguais, não existindo portanto diferenças significativas são: tenacidade, relação de tenacidade/extensibilidade, tempo de desenvolvimento, tempo de estabilidade, enfraquecimento e a capacidade de retenção de solventes da sacarose, do carbonato de sódio e da água.

Para verificar a admissibilidade do teste os resultados obtidos para cada uma das variáveis foram submetidos a testes de normalidade, tendo-se concluído pela aceitação da normalidade de acordo com o *Teste de Kolmogorov-Smirnov/Lilliefor* efetuado com o programa STATPLUS mac 2009.

4. Conclusão

Com a realização do presente trabalho foi possível avaliar as características físico-químicas e reológicas de dois tipos de farinha destinada à panificação.

A forma como os parâmetros de qualidade normalmente utilizados se relacionam com a capacidade de retenção de solventes é evidente a partir da análise dos coeficientes de correlação obtidos. Para a farinha T65P2 verificou-se uma forte correlação entre a capacidade de retenção de solventes do ácido láctico e a extensibilidade, e entre a capacidade de retenção de solventes da sacarose e a absorção. Esta última correlação é particularmente interessante dado a retenção da solução de sacarose ter vindo a ser apontada como indicador do conteúdo de pentosanas na farinha. Uma vez que é conhecida a capacidade de absorção de água das pentosanas da farinha, a existência de uma correlação entre a absorção e a retenção da solução de sacarose reforça a possibilidade da retenção desta solução poder de facto ser um indicador do teor em pentosanas da farinha.

Para a farinha T65P3 nenhuma destas correlações se verificou, podendo somente reportar-se uma correlação forte entre a capacidade de retenção de solventes da água e o teor em cinza.

O fato de, no conjunto restrito dos ensaios incluidos neste trabalho, não existirem correlações transversais nos parâmetros CRS aos dois tipos de farinha estudadas, aponta no sentido do método de capacidade de retenção de solventes não permitir de forma segura substituir os tradicionais métodos químicos, físicos e reológicos usados para determinar a qualidade em farinhas de trigo.

O número relativamente reduzido de amostras analisadas no âmbito deste trabalho impediu, certamente, a concretização de melhores e mais fortes relações estatísticas e possívelmente de outro tipo de conclusões. No entanto, a importância do método e o seu potencial ficaram aqui bem demonstrados. O facto dos resultados obtidos sugerirem que o método CRS não se possa substituir às tradicionais análises físicas, químicas e reológicas necessárias para aferir os atríbutos de qualidade das farinhas, não exclui que o mesmo não possa num futuro próximo, ser incluído no conjunto de métodos aplicáveis à análise de rotina.

A implementação do método da capacidade de retenção de solventes é um processo que decorre em vários laboratórios privados e públicos em vários pontos do mundo e que é recente dado que este método só começou a ser explorado a partir do início do século XXI. Um dos grandes desafios do controlo analítico de farinhas de trigo prende-se com a determinação da aptidão das farinhas, ou seja, a sua capacidade de uso dentro das aplicações de panificação, como por exemplo, no fabrico de pão pequeno, pão de forma, pão grande, massas diretas, massas de fermentação retardada, massas congeladas, massas com açúcar, entre outras. Normalmente, e apesar das análises químicas, físicas e reológicas poderem determinar essa aptidão, o método mais consistente de a determinar é panificar, ou seja, simular as condições de aplicação e fazer o produto final, determinando ao longo do processo, parâmetros de qualidade relevantes, como por exemplo, a velocidade de fermentação, volume específico ou realizar análise sensorial ao pão. Seria interessante estabelecer relações entre o método de capacidade de retenção de solventes, dada a sua simplicidade e rapidez de execução, com parâmetros de qualidade determinados através de protocolos de panificação.

5. Bibliografia

AACC 2009 International Method 56-11.02. Physicochemical tests, Solvent Retention Capacity Profile, Proposed November 3, 1999, Revision and approval June 3.

AACC 1984 International Method 76-30A. Determination of Damaged Starch.

Alberti, E. A. 2000. Magnetic resonance studies of cereal proteins and some solid model systems. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Departamento de Química, 368-371pp.

Amemiya, J. I.; Menjivar, J. A. 1992. Comparison of small and large deformation measurements to characterize the rheology of wheat flour doughs. Journal of Food Engineering. Vol. 16, 91-108pp.

Aquarone, E.; Borzani, W.; Schmidell, W.; Lima, U. A. 2001. Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos. 1ª ed. São Paulo: Edgar Blücher, vol. 4, 365-395pp.

Arendt, E.; Ryan; K.L.; Dal Bello, F. 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. Food Microbiology 24 (2): 165-174pp.

Bagulho, A. S. R. 2008. Estudo das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lípidos nas propriedades reológicas das farinhas de trigo mole. Tese de Doutoramento em Engenharia Agro-Industrial, Instituto Superior de Agronomia, 296p.

Belitz, H.D.; Grosh, W. 1997. Química de los alimentos. Zaragoza: Acribia. 2ª ed. 1087p.

Bettge, A.; Morris, C. F.; DeMacon, V. L.; Kidwell, K. K. 2002. Adaptation of AACC 56-11, solvent retention capacity, for use as an early generation selection tool for cultivar development. Cereal Chemistry, vol. 79, 670-674pp.

Biliaderis, C. G.; Izydorczyk, M. S.; Rattan, O. 1995. Effect of Arabinoxylans on Bread-making Quality of Wheat Flours. Food Chemistry, vol. 5, 165-171pp.

Bot, B. 2008. Estudio del efecto de acciones químicas y biológicas sobre la masa panaria. Tese de Mestrado, Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé - Argentina, 64p.

Brammer, S.P. 2000. Marcadores moleculares: princípios básicos e uso em programas de melhoramento genético vegetal. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Passo Fundo. 70p.

Bushuk, W., 1997. Wheat gluten - more than just bread. PBI Bulletin, Sep: 1-23pp.

Caetano, G. 1997. El mundo de la panificacion. Ediciones Mundi Prensa.

Calaveras, J. 1996. Tratado de Panificacion y bollería. 1ª ed. Ediciones Mundi Prensa.

Carvalho, D. 1999. Controlo de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas. Granotec do Brasil.

Castro, A. G.; 2002, A química e a reologia no processamento de alimentos. Ciência e Técnica, Instituto Piaget. Lisboa, 295p.

Cauvain, S. P. 2003. Bread making: improving quality. Cambridge. Woodhead publishing.

Champe, P.C.; Harvey, R.A. 1989. Enzimas. In: Bioquímica ilustrada. 2ª Ed. São Paulo: Artes Médicas, 53-66pp.

Cheftel, J. C.; Cuq, J. L.; Lorient, D. 1989. Proteínas alimentarias. Zaragoza: Acribia, 346p.

Conde-Petit, B.; Escher, F. 1994. Influence of starch-lipid complexation on the ageing behaviour of high concentration starch gels. Starch/Stärke, vol. 46, 172-177pp.

Corradini, E.; Lotti, C.; Medeiros' E.; Carvalho' A.; Curvelo' A.; Mattoso, L.; 2005. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose, Polímeros vol.15 nº4.

Cornell, H. J., Hoveling, A. W. 1998. Wheat - Chemistry and Utilization. Lancaster, Technomic Publishing Co. Inc.

Coultate, T. P. 2004. Alimentos: a Química e os seus Componentes. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 368p.

Courtin, C. M.; and Delcour, J. A. 2002. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. Journal Cereal Science. Vol. 35, 225-243pp.

D'Appolonia, B.L., Rayas-Duarte, P., 1994. Wheat carbohydrates: Structure and functionality. in "Wheat: production, properties and quality", W. Bushuk and V.F. Rasper, Blackie Academic and Professional, Glasgow.

Davis, W. 2011. Wheat Belly: Lose the Wheat, Lose the Weight, and Find Your Path Back to Health Rodale Books.

Delcour, J. A.; Vanhamel, S.; Hosoney, R. C. 1991. Physico-chemical and functional properties of rye nonstarch polysaccharides. Cereal Chemistry, vol. 68, 72p.

Duyvejonck, A. E.; Lagrain, B.; Dornez E.; Delcour, J. A.; Courtin, C. M. 2012. Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours. Food Science and Technology vol. 47, 56-63pp.

Eliasson, A. C.; Larsson, K. 1993. in “Cereals in Breadmaking. A Molecular Colloidal Approach” A. C. Eliasson, K. Larsson, Marcel Dekker Inc., New York.

Evers, A.D.; Blakeney, A.B.; O'Brien, L., 1999. Cereal structure and composition. Austr. J. Agric. Res., vol. 50, 629-650pp.

Faroni, L. R. D.; Berbert, P. A.; Martinazzo, A. P.; Coelho, E. M. 2002. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol.6, 354-357pp.

Figueroa-Espinoza, M.C.; Morel, M. H.; Surget, A.; Asther, M.; Moukha, S.; Sigoillot, J.C.; Rouau, X. 1999. Attempt to cross-link feruloylated arabinoxylans and proteins with a fungal laccase. Food Hydrocolloids, vol. 13, 65-71pp.

Gaines, C. S. 2000. Collaborative study of methods for solvent retention capacity profiles (AACC Methods 56-11). Cereal Foods World, vol. 45, 303-306pp.

Germani, R. 2008. Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliações de suas qualidades. Agroindústria de Alimentos, Embrapa,. Rio de Janeiro, 129p.

Guarienti, E.M. 1996. Qualidade industrial de trigo. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 27-36pp.

Gutkoski, L. C. 2009. Avaliação da qualidade de grãos e farinhas de cereais. UPF, Centro de Pesquisa em alimentação, Rio Grande do Sul.

Guttieri, M.; McLean, R.; Lanning, S.; Talbert, L.; Souza, E. 2002. Assessing environmental influences on solvent retention capacities of two soft white spring wheat cultivars. Cereal Chemistry, vol. 79, 880-884pp.

Guttieri, M. J.; Souza, E. J. 2003. Sources of variation in the solvent retention capacity test of wheat flour. Crop Science, vol. 43, 1628-1633pp.

Hoseney, R. C.; Faubion, J. M. 1981. A mechanism for the oxidative gelation of wheat flour water-soluble pentosans. Cereal Chemistry, vol. 58, 421-424pp.

Hoseney, R.C. 1984. Functional properties of pentosans in baked foods. Food Technology, Jan:114-117pp.

Hoseney, R. C. 1994. Principles of cereal: science and technology. St. Paul, 2ª ed., 378p.

Internacional Standart ISO 5529.1992. 2ª ed. Wheat. Determination of sedimentation index. Zeleny test, 12p.

Internacional Standart ISO 27971.2008. Cereals and cereal products. Common wheat (*Triticum aestivum L.*). Determination of alveograph properties of dough at constant hydration from commercial or test flours and test milling methodology, 52p.

Izydorczyk, M.S.; Biliaderis, C.G.; Bushuk, W. 1990. Oxidative gelation studies of watersoluble pentosans from wheat. Journal Cereal Science, vol. 11:153-169pp.

Khalil, K.; Shewry, P. R. 2009. Wheat Chemistry and Technology, 4ª ed., AACC Intl.

Kitamura, S.; Yunokawa, H.; Mitsuie, S.; Kuge, T. 1982. Study on polysaccharide by the fluorescence method. II. Micro-Brownian motion and conformational change of amylose in aqueous solution. Polymer Journal, vol. 14, 93-99pp.

Kweon, M.; Martin, R.; Souza, E. 2009. Effect of tempering condition in milling performance and flour functionality. Cereal Chemistry, vol. 86, 12-17pp.

Kulp, K.; Lorenz, K.; Stone, M. 1991. Functionality of carbohydrate ingredients in bakery products. Food Technology, vol. 45, 136-142pp.

Lana, R.P. 2005. Nutrição e alimentação animal: mitos e realidades. Viçosa: UFV, 344p.

Lásztity, R. S.; Tomoskozi, S.; Haraszi, R.; Révay, T.; Kárpáti, M. 2000. Is the role of high molecular weight glutenin sub-units (HMW-GS) decisive in determination of baking quality of wheat?. in “Wheat Gluten” P.R. Shewry e A.S. Tatham, Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 38-42pp.

Lehninger, A. L.; Nelson, D. L.; Cox, M. M. 1995. Princípios de bioquímica. 2ª ed. São Paulo: Sarvier, 147-237pp.

Léon, A. E. 2007. De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica. Córdoba, 480p.

Linden, N. L.; Lorient, D. 1994. Bioquímica agroindustrial. Zaragoza: Acribia, 426p.

Lopes, D.C.; Santana, M.C.A. 2005. Determinação de proteína em alimentos para animais: métodos químicos e físicos. Viçosa: UFV, 98p.

Magalhães, M. N. 2006. Probabilidade e variáveis aleatórias. 2ª ed. EDUSP, 253-255pp.

Mandarino, J.M.G. 1993. Aspetos importantes para a qualidade do trigo. Londrina: Embrapa-CNPO, vol. 60, 32p.

Marchylo, B.A; Dexter, J.E; Clarke, F.R.; Clarke, J.M.; Preston, K.R. 2001. Relationships among bread-making quality, gluten strength, physical dough properties, and pasta cooking quality for some Canadian durum wheat genotypes. Canadian Journal of Plant Science. Vol. 81, 611–620pp.

Meuser, F.; Suckow, P. 1988. Non-starch polysaccharides. in “Chemistry and physics of baking: materials, processes and products”. J. M. V. Blanshard, P. J. Frazier e T. Galliard, Royal Society of Chemistry, London, UK, 42-61pp.

Matsunagavol., N.; Seib, P.A. 1997. Extraction of wheat starch with aqueous sodium hydroxide. Cereal Chemistry vol. 74, 851-857pp.

Michniewicz, J.; Biliaderis, C.G.; Bushuk, W. 1991. Effect of added pentosans on some physical and technological characteristics of dough and gluten. Cereal Chem., vol. 68, 252-258pp.

Miranda, M. Z.; Mori, C.; Lorini, I. 2008. Qualidade comercial do trigo brasileiro: safra 2005. Embrapa, documentos online, ISSN 1518-5582pp.

Miranda, M. Z.; Mori, C.; Lorini, I. 2010. Qualidade comercial do trigo brasileiro: safra 2007. Embrapa, documentos online, ISSN 1518-6512pp.

Modenes, A. N., Pietrobelli, J. M. T. A. and Espinoza-Quiñones, F. R. 2009. Cadmium biosorption by non-living aquatic macrophytes *Egeria densa*". Water Science and Technology, vol. 60, 293-300pp.

Montenegro, F. M.; Ormenese, R. C. S. C. 2008. Avaliação da Qualidade Tecnológica da Farinha de Trigo. Campinas: Cereal Chocotec ITAL, 62p.

Mousia, Z.; Edherly, S.; Pandiella, S. S.; Webb, C. 2004. Effect of wheat pearling on flour quality. Food Research International. vol. 37, 449- 459pp.

Morita, N.; Maeda, T.; Miyazaki, M; Yamamori, M.; Mjura, H.; Ohtsuka, I. 2002. Dough and baking properties of high amylose and waxy wheat flours. Cereal Chemistry. vol.79, 491-495pp.

Munstock, C. M. 1999. Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo. Porto Alegre: UFRG – Faculdade de Agronomia, 228p. In: Anais do IV Seminário Internacional da Cadeia do Trigo 18, 19 e 20 de Maio de 2009. FAG, Paraná, Brasil.

Navidi, W. 2012. Probabilidade e estatística para ciências sociais. Mc Graw Hill. 40-43pp.

NP 516.2000, Cereais e derivados. Determinação do teor de água. Método prático de referência. Instituto Português da Qualidade, 5p.

NP 519.1993, Cereais e derivados. Determinação do teor de cinza a 900ºC. Processo corrente. Instituto Português da Qualidade, 5p.

NP 1869. 1982, Cereais. Determinação do teor de glúten húmido nas farinhas de trigo. Processo de extracção manual. Instituto Português da Qualidade, 5p.

NP 1871.1998, Trigo mole. Determinação do índice de sedimentação. Processo de Zeleny. Instituto Português da Qualidade, 5p.

NP 2244. 1984, Farinhas de trigo. Determinação do teor de glúten seco. Instituto Português da Qualidade, 6p.

NP 3653.2000, Derivados de cereais. Farinhas de trigo mole. Características físicas das massas. Determinação da absorção de água e das características reológicas por meio do farinógrafo. Instituto Português da Qualidade, 16p.

Oliveira, A. J. 2013. Avaliação da qualidade industrial da farinha de trigo. Relatório de estágio em Biotecnologia. Universidade Federal do Paraná. Paraná. 29p.

Ortolan, F.; Hecktheuer, L. H.; Miranda, M. Z. 2010. Efeito do armazenamento a baixa temperatura na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 30, n. 1, 55-59pp.

Pallarés, M.G.; León, A.E.; Rosell, C.M. 2007. Trigo. In: De tales harinas, tales panes: Granos, harinas e productos de panificación en Iberoamérica. Córdoba. Argentina.

Pereira, P. S. J. 2001. Tecnologia de Moagem I. Fortaleza: SENAI/CERTREM.

Popper, L; Schäfer, W.; Freund, W. 2006. Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement. Kansas City: Agrimedia, 325p.

Portaria nº 425/1998. Relativa à fixação das características do pão e às suas condições de fabrico. *Diário da República* nº170, I Série-B, 25 de Julho de1998, 3552-3556pp.

Portaria nº 254/2003. Características e regras de rotulagem, acondicionamento, transporte, armazenagem e comercialização das farinhas destinadas a fins industriais e a usos culinários, e das sêmolas destinadas ao fabrico de massas alimentícias e a usos culinários. Diário da República nº 95 Série 1-A de 19 de Março de 2003, 1896 -1897pp.

Posner, E. S., Hibbs, A. N. 1997. Wheat flour milling. AACC, St. Paul, 341p.

Posner, E.S. 2000. Wheat. In: Kulp, K; Ponte, J.G. - *Handbook of Cereal Science and Technology.* New York: Marcel Dekker, 1-29pp.

Pyler, E. J.1988. Baking: science and technology. 3 ed. Kansas: Sosland Publishing Company.

Quaglia, G. 1991. Ciencia y tecnologia de la panificación. Zaragoza: Acribia. 485p.

Ram, S.; Singh, R. P. 2003. Solvent retention capacities of Indian wheats and their relationship with cookie-making quality. Cereal Chemistry, 81:128-133pp.

Rettig, K. A. M. 2008. Investigación de las Alternativas de Infraestructuras Molineras para Pequeños Productores del Sector Costero de la Comuna de Mariquina. Universidad Austral de Chile. 90p.

Ribeiro, E.; Seravalli, E. 2007. Química de alimentos, 2ª ed., Editora Edgard Blucher Ltda, 58-63pp.

Rossi, R. M.; Neves, M. F. 2004. Estratégias para o Trigo no Brasil. 1ª ed. Atlas, São Paulo, 228p.

Rotondaro, R.G.; Ramos, A. W.; Ribeiro, C. O.; Miyaki, D. I.; Nakano, D.; Laurindo, F.J.B.; Hol, L.; Carvalho, M.M.; Braz, M.A. 2008. Seis Sigma: Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Editora Atlas, 150-151pp.

Rouau, X.; Moreau, D. 1993. Modification of some physicochemical properties of wheat flour pentosans by an enzyme complex recommended for baking. Cereal Chemistry, vol. 70, 626-632pp.

Santos, D. M. J. 2005. Influência das pentosanas nas propriedades funcionais do glúten e amido. Universidade de Aveiro. Tese de Doutoramento em Química, 410p.

Schmidt, M.H.; Tscharntke, T. 2005. Landscape context of sheetweb spider (Araneae: Linyphiidae) abundance in ceral fields. J. Biogeogr. 32, 467–473pp.

Sgarbieri, V.C. 1996. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Editora-Livraria Varela, 517p.

Shewry, P.R.; Tatham, A.S. 1990. The prolamin storage proteins of cereal seeds, structure and evolution. Biochemistry. Journal 267: 1-12pp.

Shuey, W.C. 1984. Physical Factors Influencing Farinograms. In: D.Appolonia, B.L. & Kunerth, W.H.(ed.), The Farinograph Handbook, Third Edition, Revised and Expanded. AACC. USA. 24-30pp.

Silva, D.J.; Queiroz, A.C. 2002. Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos. 3ª Ed. Viçosa: UFV, 235p.

Slade, L.; Levine, H. 1994. Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients. Pages 23-141 in: The Science of Cookie and Cracker Production. H. Faridi, ed. Chapman & Hall: New York.

Sramková, Z.; Gregová, E.; Sturdík, E. 2009. Chemical composition and nutricional quality of wheat grain. Acta chimica Slovaca, vol. 2, 115-138pp.

Torbica, A.; Antov, M.; Mastilović, J.; Knežević, D. 2007. The influence of changes in gluten complex structure on technological quality of wheat *Triticum aestivum* L., Food Research International vol. 40, 1038–1045pp.

Uthayakumaran, S.; Gras, P.W.; Stoddard, F.L.; Bekes, F. 1999. Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. Cereal Chemistry, vol. 76, 389-394pp.

Vanbelle, M.; Teller, E.; Focant, M. 1990. Probiotics in animal nutrition: a review. Archive Animal Nutrition,vol. 40, 543 – 567pp.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. London: Comstock Plublishing Associates. USA, 476p.

Vinkx, C. J. A.; Van, N.; Delcour, J. A. 1991. Physicochemical and functional properties of rye nonstarch polysaccharides III. Oxidative gelation of a fraction containing water-soluble pentosans and proteins. Cereal Chemistry, vol. 68, 617-622pp.

Walker, C. K.; Panozzo, J. F. 2011. Influence of Starch Composition on Starch Damage Values Determined by Megazyme and SDmatic Methods, Cereal Chemistry, vol. 88, 437-489pp.

Portais da Internet:

Boston University School of Public Health. Learning Modules: BS704 – Introduction to biostatistics. Consultado a 29 Agosto 2014. Disponível em: www.sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/Modules_Menu.html.

Cerealis SGPS. Consultado a 5 Agosto 2014. Disponível em: www.cerealis.pt

North American Millers Association. Washington. Wheat Milling Process. Consultado a 27 Agosto 2014. Disponível em www.namamillers.org/education/wheat-milling-process.

Scientific psychic. Carbohidratos e Glúcidos: Estrutura Química. Consultado a 19 Agosto 2014. Disponível em: www.scientificpsychic.com/carbohidratos2.html.

6. Anexos

Anexo A:

Tabela a: Resultados das análises realizadas á farinha T65 P2

Data de produção	HUMIDADE (%)	CINZA (%)	ALVEOGRAMA					GLÚTEN (%)		Proteína NIR (%)	FARINOGRAMA					CAPACIDADE RETENÇÃO DE SOLVENTES			
			W	P/L	P	L	Ie	Húmido	Seco		Abs NIR (%)	Abs (%)	TD (min)	TE (min)	Enf (UF)	Ácido láctico	Carbonato sódio	Sacarose	Água
05-Jan	14,25	0,68	161	1,09	75	67	45,8	22,3	9,8	10,6	57,2	56,0	2,40	4,40	90	143,4169	117,7423	125,7656	90,0618
14-Jan	14,45	0,65	166	1,12	73	65	50,0	21,8	10,4	10,4	56,1	55,8	1,30	2,30	90	144,3553	102,1344	134,1017	88,8650
25-Jan	14,66	0,64	162	0,87	67	77	47,6	21,8	9,6	10,4	56,1	56,0	1,40	3,00	105	152,5709	113,6724	134,0286	89,0837
03-Fev	14,40	0,66	159	0,85	66	78	46,6	21,5	9,2	10,4	55,7	56,2	1,45	4,30	90	151,5047	110,7150	131,0093	90,2196
10-Fev	14,65	0,64	167	1,00	73	73	45,6	21,7	9,4	10,2	55,7	56,0	1,40	2,40	90	155,9789	113,6591	129,3779	91,8946
16-Fev	14,53	0,65	170	0,90	71	79	45,5	21,3	9,1	10,4	56,7	56,2	1,50	4,45	90	152,5401	117,5243	129,5987	91,5643
26-Fev	14,06	0,68	160	0,93	70	75	44,4	22,6	9,7	10,5	56,5	56,6	1,30	4,00	95	151,5057	118,2825	133,4931	95,0663
11-Mar	14,12	0,66	152	0,96	69	72	43,5	21,4	9,3	10,4	56,4	56,8	2,00	4,00	100	150,8104	116,3624	132,9856	93,1299
26-Mar	14,38	0,74	150	0,87	66	76	43,7	22,2	9,8	10,6	56,7	57,0	1,40	4,30	85	150,6657	116,5148	136,2018	94,0154
08-Abr	14,26	0,64	145	0,96	66	69	46,9	22,2	9,2	10,3	56,9	56,8	2,00	4,30	85	154,4670	118,7590	137,0142	93,2820
13-Abr	14,56	0,65	163	1,07	73	68	46,2	22,2	9,4	10,5	57,2	56,8	1,50	3,30	105	159,4382	110,3184	144,5412	99,4476
22-Abr	14,27	0,68	166	1,24	78	63	46,8	23,2	9,8	10,5	57,3	57,0	2,00	5,00	75	149,0680	103,9263	144,6541	95,2992
30-Abr	14,46	0,68	154	0,90	69	70	45,3	21,1	9,1	10,2	56,3	-	-	-	-	141,5572	100,5378	119,2378	84,0496
18-Mai	14,25	0,65	149	1,22	73	60	45,6	20,0	8,9	9,8	56,0	57,0	1,30	3,00	70	145,6233	115,3353	139,0041	82,8408
26-Mai	14,26	0,69	170	1,24	78	63	47,8	21,7	9,5	10,8	57,7	56,8	1,40	3,15	80	151,0567	117,9566	140,0233	93,4826
08-Jun	14,41	0,66	167	0,96	70	73	48,7	22,7	9,8	10,7	56,0	57,0	1,50	6,30	60	151,3214	114,7470	135,4457	92,6417
15-Jun	13,88	0,64	166	0,80	65	81	48,8	23,9	10,0	10,8	55,9	57,2	2,00	6,00	65	157,7798	115,0395	138,8063	90,8732
22-Jun	14,48	0,64	167	0,84	67	80	47,7	23,0	9,9	10,8	56,5	57,3	2,30	7,30	65	157,4790	114,6399	140,1824	91,3096
11-Jul	13,79	0,63	152	0,72	60	83	47,3	24,0	10,3	11,0	56,2	57,1	2,20	7,00	70	159,0117	118,5106	136,6663	92,9730

Tabela b: Resultados das análises realizadas á farinha T65 P3.

Data de produção	HUMIDADE (%)	CINZA (%)	ALVEOGRAMA					GLÚTEN		Proteína NIR (%)	FARINOGRAMA					CAPACIDADE RETENÇÃO DE SOLVENTES			
			W	P L	P	L	Ie	Húmido	Seco		Abs NIR	Abs (%)	TD (min)	TE (min)	ENF (UF)	Ácido láctico	Carbonato sódio	Sacarose	Água
06-Jan	14,56	0,64	199	1,09	82	75	49,2	22,3	9,8	10,8	57,6	57,2	2,00	4,00	75	155,2107	116,9616	135,0796	96,2266
22-Jan	14,61	0,60	177	1,31	81	62	49,9	23,3	9,6	10,7	57,5	57,9	2,00	4,30	85	154,8987	119,2458	120,6558	93,4629
27-Jan	14,65	0,61	176	0,85	70	82	47,7	21,9	9,6	10,5	56,2	56,8	1,50	5,00	80	156,5835	117,2865	126,5565	90,8869
29-Jan	14,65	0,65	175	0,78	67	86	47,9	21,7	9,4	10,8	56,1	56,5	2,00	4,15	90	154,9713	110,8377	128,3702	93,7083
06-Fev	14,76	0,62	179	0,84	69	82	50,1	22,8	10,1	10,8	56,2	56,4	1,45	6,00	75	155,1713	107,5504	134,7912	90,1971
09-Fev	15,00	0,63	186	1,05	78	75	48,6	22,6	10,1	10,5	56,8	-	-	-	-	159,6565	107,2471	130,9224	87,4165
12-Fev	14,95	0,61	173	0,8	67	84	48,0	21,5	9,5	10,4	56,2	56,3	1,40	1,30	100	161,5850	114,6667	142,1705	92,4209
17-Fev	14,52	0,64	162	0,99	70	71	47,4	22,7	9,8	10,7	56,7	57,1	2,00	5,00	90	153,9307	122,5409	133,8091	93,9682
24-Fev	14,59	0,65	185	0,86	72	84	47,9	22,8	9,8	10,9	57,0	57,2	2,00	3,45	95	163,3205	121,4331	140,3630	93,0383
27-Fev	14,62	0,63	194	0,94	76	81	49,3	24,4	10,0	11,1	57,3	57,4	1,5	3,3	100	159,9532	115,0293	136,5847	90,0492
10-Mar	14,57	0,63	173	0,68	63	92	48,3	24,8	10,2	11,1	57,1	57,3	1,45	5,30	85	159,6582	111,7406	132,8807	93,6205
31-Mar	14,90	0,57	196	0,77	70	91	50,9	24,6	10,1	11,1	56,3	57,0	1,45	7,15	60	164,5217	110,9612	134,2045	87,1116
04-Abr	14,65	0,60	168	0,86	67	78	48,7	23,5	9,6	10,6	56,7	57,1	2,00	4,00	90	163,6368	110,6362	135,4236	88,0656
23-Abr	14,41	0,61	189	1,14	80	70	50,0	22,6	9,7	10,9	57,5	57,4	1,45	5,00	70	161,3693	116,1538	125,5988	89,8283
05-Mai	14,36	0,59	168	0,72	62	86	49,8	22,0	9,3	10,7	57,0	57,0	2,00	5,00	75	155,8524	109,4582	121,1070	81,1397
18-Mai	14,36	0,63	177	1,06	75	71	49,4	22,4	9,8	10,8	57,0	57,3	2,00	5,00	65	155,8524	113,2742	135,7683	91,3825
28-Mai	14,37	0,64	202	1,12	82	73	51,3	24,8	10,0	11,5	58,1	58,0	2,15	6,30	65	156,6741	116,7021	136,1859	91,5941
01-Jun	14,34	0,62	192	0,94	74	79	51,1	24,0	10,3	11,1	57,1	57,9	2,00	6,00	60	164,0486	115,6572	142,1620	91,9636
04-Jun	14,42	0,59	183	0,83	69	83	50,3	22,7	10,0	11,1	56,7	58,0	2,00	7,15	65	161,3882	114,3585	136,2655	88,0299
17-Jun	14,62	0,57	199	0,88	73	83	52,0	24,8	10,3	11,4	56,8	57,9	1,45	5,30	65	162,1691	112,8133	137,7934	87,8332
25-Jun	14,43	0,60	186	0,73	67	92	49,9	23,5	9,7	11,2	57,0	57,4	1,40	6,00	70	161,0050	114,5729	140,9045	92,2613

Anexo B:

Tabela c: Valores da análise estatística descritiva da farinha T65P2

	H	C	W	P/L	P	L	Ie	Glúten húmido	Glúten seco	Proteína NIR	Abs NIR	Abs	TD	TE	Enf	CRS AL	CRS CS	CRS SAC	CRS H_2O
Média	14,322	0,661	160,316	0,976	69,947	72,211	46,516	22,137	9,589	10,489	56,479	56,644	1,686	4,361	83,889	151,587	113,494	134,849	91,584
Erro-padrão	0,054	0,006	1,775	0,035	1,058	1,540	0,396	0,222	0,094	0,063	0,131	0,113	0,090	0,348	3,248	1,188	1,282	1,424	0,867
Mediana	14,380	0,650	162,000	0,960	70,000	73,000	46,600	22,200	9,600	10,500	56,400	56,800	1,500	4,300	87,500	151,505	115,039	135,446	91,895
Desvio-padrão	0,237	0,026	7,739	0,151	4,612	6,713	1,724	0,970	0,411	0,273	0,572	0,479	0,382	1,478	13,779	5,178	5,589	6,207	3,781
Variância da amostra	0,056	0,001	59,895	0,023	21,275	45,064	2,973	0,940	0,169	0,074	0,327	0,230	0,146	2,184	189,869	26,815	31,242	38,522	14,295
Curtose	0,285	3,553	-0,963	-0,560	-0,027	-0,984	-0,285	0,531	-0,498	1,199	-0,490	-1,240	-1,206	-0,313	-0,943	-0,489	0,915	1,043	1,515
Assimetria	-0,742	1,628	-0,570	0,484	-0,035	-0,188	0,076	0,117	0,278	-0,465	0,572	-0,504	0,660	0,642	-0,195	-0,320	-1,384	-0,684	-0,603
Intervalo	0,870	0,110	25,000	0,520	18,000	23,000	6,500	4,000	1,500	1,200	2,000	1,500	1,100	5,000	45,000	17,881	18,221	25,416	16,607
Mínimo	13,790	0,630	145,000	0,720	60,000	60,000	43,500	20,000	8,900	9,800	55,700	55,800	1,300	2,300	60,000	141,557	100,538	119,238	82,841
Máximo	14,660	0,740	170,000	1,240	78,000	83,000	50,000	24,000	10,400	11,000	57,700	57,300	2,400	7,300	105,000	159,438	118,759	144,654	99,448
Soma	272,120	12,560	3046,000	18,540	1329,000	1372,000	883,800	420,600	182,200	199,300	1073,100	1019,600	30,350	78,500	1510,000	2880,151	2156,377	2562,138	1740,100
Contagem	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	18,000	18,000	18,000	18,000	19,000	19,000	19,000	19,000
Nível confiança (95,0%)	0,114	0,013	3,730	0,073	2,223	3,236	0,831	0,467	0,198	0,131	0,276	0,238	0,190	0,735	6,852	2,496	2,694	2,992	1,822

Tabela d: Valores da análise estatística descritiva da farinha T65P3.

	H	C	W	P/L	P	L	Ie	Gluten húmido	Glúten seco	Proteína NIR	Abs NIR	Abs	TD	TE	Enf	CRS AL	CRS CS	CRS SAC	CRS H_2O
Média	14,588	0,616	182,810	0,916	72,095	80,000	49,414	23,129	9,843	10,890	56,900	57,255	1,760	4,935	78,000	159,117	114,244	133,695	90,676
Erro-padrão	0,042	0,005	2,485	0,036	1,311	1,711	0,283	0,234	0,063	0,064	0,115	0,115	0,065	0,309	2,933	0,769	0,895	1,354	0,722
Mediana	14,590	0,620	183,000	0,860	70,000	82,000	49,400	22,800	9,800	10,800	57,000	57,250	2,000	5,000	75,000	159,658	114,573	135,080	91,383
Desvio-padrão	0,193	0,024	11,387	0,163	6,008	7,842	1,295	1,074	0,287	0,293	0,526	0,515	0,290	1,381	13,119	3,525	4,099	6,206	3,309
Variância da amostra	0,037	0,001	129,662	0,026	36,090	61,500	1,678	1,153	0,083	0,086	0,277	0,265	0,084	1,907	172,105	12,426	16,805	38,514	10,949
Curtose	-0,085	-0,603	-0,944	0,043	-0,857	-0,095	-0,793	-1,100	-0,844	-0,397	-0,105	-0,570	-2,065	1,313	-1,218	-1,550	-0,250	0,007	2,151
Assimetria	0,695	-0,418	0,064	0,713	0,266	-0,398	0,211	0,358	-0,086	0,327	0,305	-0,180	-0,191	-0,668	0,273	0,014	0,199	-0,751	-1,068
Intervalo	0,660	0,080	40,000	0,630	20,000	30,000	4,600	3,300	1,000	1,100	2,000	1,700	0,750	5,850	40,000	10,591	15,294	21,515	15,087
Mínimo	14,340	0,570	162,000	0,680	62,000	62,000	47,400	21,500	9,300	10,400	56,100	56,300	1,400	1,300	60,000	153,931	107,247	120,656	81,140
Máximo	15,000	0,650	202,000	1,310	82,000	92,000	52,000	24,800	10,300	11,500	58,100	58,000	2,150	7,150	100,000	164,522	122,541	142,170	96,227
Soma	306,340	12,930	3839,00	19,240	1514,000	1680,000	1037,700	485,700	206,700	228,700	1194,900	1145,100	35,200	98,700	1560,000	3341,457	2399,127	2807,597	1904,205
Contagem	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	20,000	20,000	20,000	20,000	21,000	21,000	21,000	21,000
Nível confiança (95,0%)	0,088	0,011	5,183	0,074	2,735	3,570	0,590	0,489	0,131	0,133	0,240	0,241	0,136	0,646	6,140	1,605	1,866	2,825	1,506

Anexo C:

Grupo 1:

Tabela e: Análise de variância para o parâmetro humidade.

Humidade

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	19	272,12	14,3221	0,0560
P3	21	306,34	14,5876	0,0373

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	0,7032	1	0,7032	15,24106	0,0004	4,0982
Dentro de grupos	1,7533	38	0,0461			
Total	2,4565	39		**F > F crítico:** médias diferentes		

Tabela f: Análise de variância para o parâmetro cinzas

Cinzas

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	19	12,56	0,6611	0,0007
P3	21	12,93	0,6157	0,0006

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	0,0205	1	0,0205	33,1654	1,22E-06	4,0982
Dentro de grupos	0,0235	38	0,0006			
Total	0,0440	39		**F > F crítico:** médias diferentes		

Tabela g: Análise de variância para o parâmetro glúten húmido.

Glúten húmido

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Coluna 1	19	420,6	22,13684	0,940234
Coluna 2	20	463,4	23,17	1,175895

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	10,40046	1	10,4004	9,8002	0,0034	4,1054
Dentro de grupos	39,26621	37	1,0612			
Total	49,66667	38				

Tabela h: Análise de variância para o parâmetro glúten seco.

Gluten seco

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Coluna 1	19	182,2	9,589474	0,168772
Coluna 2	20	196,9	9,845	0,086816

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F*
Entre grupos	0,636195	1	0,636195	5,021812	0,03111	4,1054
Dentro de grupos	4,687395	37	0,126686			
Total	5,32359	38		**F > F crítico: médias**		

Tabela i: Análise de variância para o parâmetro proteína NIR.

Proteína NIR						
SUMÁRIO						
Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*		
P2	18	188,7	10,4833	0,0779		
P3	20	217,9	10,8950	0,0900		
ANOVA						
Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	1,6055	1	1,6055	19,0470	0,0001	4,1132
Dentro de grupos	3,0345	36	0,0843			
Total	4,64	37		**F>F crítico:** médias diferentes		

Grupo 2:

Tabela j: Análise de variância para o parâmetro força da massa.

W						
SUMÁRIO						
Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*		
P2	19	3046	160,3158	59,89474		
P3	21	3839	182,8095	129,6619		
ANOVA						
Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	5047,032	1	5047,032	52,23897	1,21E-08	4,098172
Dentro de grupos	3671,343	38	96,6143			
Total	8718,375	39		**F > F crítico:** médias diferentes		

Tabela l: Análise de variância para o parâmetro tenacidade.

P						
SUMÁRIO						
Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*		
P2	19	1329	69,94737	21,27485		
P3	21	1514	72,09524	36,09048		
ANOVA						
Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	46,01811	1	46,01811	1,582871	0,216024	4,098172
Dentro de grupos	1104,757	38	29,07255			
Total	1150,775	39		**F < F crítico:** médias iguais		

Tabela m: Análise de variância para o parâmetro extensibilidade.

L						
SUMÁRIO						
Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*		
P2	19	1372	72,21053	45,06433		
P3	21	1680	80	61,5		
ANOVA						
Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	605,2421	1	605,2421	11,26772	0,001801	4,098172
Dentro de grupos	2041,158	38	53,71468			
Total	2646,4	39		**F > F crítico:** médias diferentes		

Tabela n: Análise de variância para o parâmetro relação tenacidade/extensibilidade.

P/L

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	19	18,54	0,975789	0,02277
P3	21	19,24	0,91619	0,026485

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	0,035432	1	0,035432	1,433015	0,238688	4,098172
Dentro de grupos	0,939558	38	0,024725			
Total	0,97499	39		**F < F crítico:** médias iguais		

Tabela o: Análise de variância para o parâmetro índice de elasticidade.

Ie

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	19	883,8	46,51579	2,972515
P3	21	1037,7	49,41429	1,678286

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	83,80277	1	83,80277	36,57367	4,9E-07	4,098172
Dentro de grupos	87,07098	38	2,291342			
Total	170,8738	39		**F > F crítico:** médias diferentes		

Grupo 3:

Tabela p: Análise de variância para o parâmetro absorção NIR.

Absorção NIR

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	19	1073,1	56,4789	0,3273
P3	21	1194,9	56,9000	0,2770

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*Valor P*	*F crítico*
Entre grupos	1,7684	1	1,7684	5,8785	0,0202	4,0982
Dentro de grupos	11,4316	38	0,3008			
Total	13,2000	39		**F > F crítico:** médias diferentes		

Tabela q: Análise de variância para o parâmetro absorção do ensaio farinográfico.

Absorção

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	18	1019,6	56,6444	0,2297
P3	20	1145,1	57,2550	0,2647

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	3,5316	1	3,5316	14,2308	0,0006	4,1132
Dentro de grupos	8,9339	36	0,2482			
Total	12,4655	37		**F > F crítico:** médias diferentes		

Tabela r: Análise de variância para o parâmetro tempo de desenvolvimento.

Tempo de desenvolvimento

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	18	30,35	1,6861	0,1458
P3	20	35,2	1,7600	0,0844

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	0,05172	1	0,0517	0,4561	0,5037	4,1132
Dentro de grupos	4,08203	36	0,1134			
Total	4,13375	37		**F < F crítico:** médias iguais		

Tabela s: Análise de variância para o parâmetro tempo de estabilidade.

Tempo de estabilidade

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	18	78,5	4,361111	2,183987
P3	20	98,7	4,935	1,906605

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	3,120143	1	3,120143	1,53129	0,22393	4,113165
Dentro de grupos	73,35328	36	2,037591			
Total	76,47342	37		**F < F crítico:** médias iguais		

Tabela t: Análise de variância para o parâmetro enfraquecimento.

Enfraquecimento

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	18	1510	83,88889	189,8693
P3	20	1560	78	172,1053

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	328,5380	1,0000	328,5380	1,8202	0,1857	4,1132
Dentro de grupos	6497,7778	36,0000	180,4938			
Total	6826,3158	37		**F < F crítico:** médias iguais		

Grupo 4:

Tabela u: Análise de variância para o parâmetro capacidade de retenção de solventes do ácido láctico.

CRS Ácido láctico

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	19	2762,0922	145,3733	27,6979
P3	21	3195,0163	152,1436	11,0816

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	457,2317	1	457,2317	24,1251	0,00002	4,0982
Dentro de grupos	720,1948	38	18,9525			
Total	1177,4266	39		**F > F crítico:** médias diferentes		

Tabela v: Análise de variância para o parâmetro capacidade de retenção de solventes da sacarose.

CRS Sacarose

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	19	2457,0807	129,3200	37,1144
P3	21	2684,6026	127,8382	35,7231

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	21,9029	1	21,9029	0,6020	0,4426	4,0982
Dentro de grupos	1382,5217	38	36,3822			
Total	1404,4247	39		**F < F crítico:** médias iguais		

Tabela x: Análise de variância para o parâmetro capacidade de retenção de solventes do carbonato de sódio.

CRS_CS

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	19	2068,2674	108,8562	33,6185
P3	21	2294,2598	109,2505	18,2069

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	1,5507	1	1,5507	0,0608	0,8066	4,0982
Dentro de grupos	969,2707	38	25,5071			
Total	970,8214	39		**F < F crítico:** médias iguais		

Tabela z: Análise de variância para o parâmetro capacidade de retenção de solventes da água.

CRS_H2O

SUMÁRIO

Grupos	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
P2	19	1668,7475	87,8288	13,9675
P3	21	1820,8648	86,7078	10,8846

ANOVA

Fonte de variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor P*	*F crítico*
Entre grupos	12,5343	1	12,5343	1,0153	0,3200	4,0982
Dentro de grupos	469,1067	38	12,3449			
Total	481,6410	39		**F < F crítico:** médias iguais		